



UFES

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO ESPÍRITO SANTO
CENTRO DE CIÊNCIAS HUMANAS E NATURAIS
DEPARTAMENTO DE GEOGRAFIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM GEOGRAFIA**

WEMERSON DIASCANIO OLIVEIRA

**O CAMPO TÉRMICO DO DISTRITO DE
CARAPINA – SERRA/ES: ESTUDO DE CASO
EM ÁREAS LITORÂNEAS.**

Vitória – 2018

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO ESPÍRITO SANTO
CENTRO DE CIÊNCIAS HUMANAS E NATURAIS
DEPARTAMENTO DE GEOGRAFIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM GEOGRAFIA**

WEMERSON DIASCANIO OLIVEIRA

**O CAMPO TÉRMICO DO DISTRITO DE
CARAPINA – SERRA/ES: ESTUDO DE CASO
EM ÁREAS LITORÂNEAS.**

Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Geografia do Centro de Ciências Humanas e Naturais da Universidade Federal do Espírito Santo, como requisito parcial para obtenção do grau de Mestre em Geografia sob orientação do Prof. Dr. Edson Soares Fialho.

Vitória – 2018

Ficha catalográfica disponibilizada pelo Sistema Integrado de
Bibliotecas - SIBI/UFES e elaborada pelo autor

O48c Oliveira, Wemerson Diascanio, 1989-
O campo térmico do distrito de Carapina – Serra/ES: estudo
de caso em áreas litorâneas. / Wemerson Diascanio Oliveira. -
2018.
200 f. : il.

Orientador: Edson Soares Fialho.
Dissertação (Mestrado em Geografia) - Universidade Federal
do Espírito Santo, Centro de Ciências Humanas e Naturais.

1. Campo térmico. 2. Ilha de Calor. 3. Zona litorânea. 4.
Carapina-Serra/ES. I. Fialho, Edson Soares. II. Universidade
Federal do Espírito Santo. Centro de Ciências Humanas e
Naturais. III. Título.

CDU: 91



UNIVERSIDADE FEDERAL DO ESPÍRITO SANTO
CENTRO DE CIÊNCIAS HUMANAS E NATURAIS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM
GEOGRAFIA



PPGG
Programa de Pós-Graduação em Geografia - UFPE

**ATA Nº133 DA SESSÃO PÚBLICA DE DEFESA DE DISSERTAÇÃO DE
MESTRADO DO ALUNO WEMERSON DIASCANIO OLIVEIRA**

Às 10 horas do dia 18 do mês de dezembro do ano de 2018, na Sala 105 do Prédio Wallace Corradi Vianna, campus de Goiabeiras, em Vitória (ES), reuniu-se a Banca Examinadora composta pelos Professores Dr. Edson Soares Fialho (Orientador), Dr.ª Cláudia Câmara do Vale e Dr. Ranyére Silva Nóbrega (Universidade Federal de Pernambuco – UFPE), para a sessão pública de defesa de dissertação do mestrando **Wemerson Diascanio Oliveira**, com o tema: ***"O CAMPO TÉRMICO DO DISTRITO DE CARAPINA – SERRA/ES: ESTUDO DE CASO EM ÁREAS LITORÂNEAS"***. Presentes os membros da banca examinada, o presidente deu início à sessão, passando à palavra ao aluno. Após exposição de 30 minutos por parte do examinando, os membros da banca formularam as suas arguições, as quais foram respondidas pelo aluno e, em seguida, o presidente da sessão solicitou que os presentes deixassem a sala para que a banca pudesse deliberar. Ao final das deliberações, o presidente da sessão convocou o mestrando e os interessados para ingressarem na sala. Com a palavra, o presidente da banca leu a decisão que resultou na APROVAÇÃO do examinando. Por fim, o presidente da sessão alertou que o aprovado somente terá direito ao título de Mestre após entrega da versão final de sua dissertação, em papel e meio digital, à Secretaria do Programa e após a homologação do resultado da defesa pelo Colegiado Acadêmico do PPGG. Nada mais havendo, foi encerrada a sessão da qual se lavra a presente ata, que vai assinada pelos membros da banca examinadora e pelo mestrando.

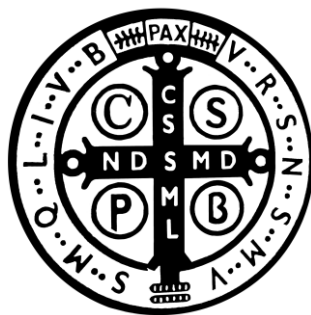
Prof. Dr. Edson Soares Fialho (Orientador)

Prof.ª Dr.ª Cláudia Câmara do Vale)

Prof. Dr. Ranyére Silva Nóbrega (Universidade Federal de Pernambuco – UFPE)

Mestrando Wemerson Diascanio Oliveira

À toda minha família,
em especial
meu pai Tedson,
minha mãe Edina e
minha irmã Jéssica.
Obrigado pelo apoio incondicional!



Nolite Murmurare.
(São Bento de Núrsia)

AGRADECIMENTOS

Em primeiro lugar, agradeço àquele que é digno de toda honra e toda glória, que têm me abençoado e guardado ao longo desses 29 anos de vida. Obrigado meu Deus.

Como eu dou muito trabalho, ele não teria conseguido sozinho, então agradeço enormemente ao meu São Bento por ter sido a minha luz e ter me sustentado nos momentos mais difíceis.

Aos meus pais e minha querida irmã devo primeiramente desculpas pelo afastamento, sei que vocês entendem as dificuldades e as razões. Obrigado pela compreensão.

Ao meu pai Tedson, que é meu espelho e meu orgulho, agradeço pela educação, pelo exemplo, pelo apoio, pelos conselhos, pela confiança e suporte em todos os momentos.

À minha mãe Edina, meu exemplo de luta, resistência, amor, carinho e afeto, agradeço pelas preocupações, pelas orações, pela educação e por ter acreditado que sempre daria certo.

À minha irmã Jéssica, obrigado por ter dado suporte à nossa família nesse período em que estive tão ausente, você é meu orgulho.

À minha amada avó Maria Elizabeth, obrigado por ter cuidado de mim, obrigado pela torcida, obrigado pelas orações, obrigado por tudo.

Ao meu irmão Rodson “filho de outro pai e de outra mãe”, que esteve comigo ao longo de toda essa árdua caminhada, vlw mano.

À querida amiga Iana, companheira de todas as horas, revisora de trabalhos, substituta em aulas, entregadora de marmitas e remédios e ótima conselheira, obrigado pelo apoio.

Ao meu orientador Prof. Dr. Edson Soares Fialho que aceitou a empreitada de orientar este trabalho, dando apoio desde o primeiro contato, disponibilizando equipamentos e ajudando na concretização desta dissertação. Obrigado pelos ensinamentos “chefinho”.

Aos meus amigos Ian Duarde e Daniel por me auxiliarem na realização das medidas móveis, obrigado pela força.

Aos meus tios, tias, primos e primas pela torcida.

Ao companheiro Wesley Corrêa pelas ideias, ajudas e conversas climatológicas.

Aos amigos Rafael, Weny, Diego, Wesley e Ian, que disponibilizaram espaços para a instalação dos equipamentos, muito obrigado.

Aos professores, pedagogos, coordenadores, funcionários e diretores das escolas Juraci Machado e Francisca Peixoto Miguel. Sem o apoio incondicional de vocês não teria sido possível realizar este trabalho. Obrigado pela ajuda.

À Dra. Bárbara por ter sempre me salvado nos momentos em que a saúde não resistiu. Obrigado por tudo.

Aos meus amigos e amigas que sempre torceram e acreditaram em mim, obrigado por tudo e desculpem a minha ausência.

Aos colegas da turma de mestrado 2017, obrigado pela ajuda.

Aos professores e funcionários da Universidade Federal do Espírito Santo, especialmente do Programa de Pós-Graduação em Geografia, obrigado pelos ensinamentos e reflexões.

Ao Instituto Estadual do Meio Ambiente por ter disponibilizado os dados necessários para a pesquisa.

À Prof. Dra. Cláudia Câmara do Vale e ao Prof. Dr. Ranyére Silva Nobrega , obrigado pelas orientações e auxílio na elaboração final desta dissertação.

Ao Instituto Federal do Espírito Santo por ter cedido espaço para a instalação de equipamentos.

**MUITO OBRIGADO A CADA UM DE VOCÊS, TODOS FORAM PEÇAS
FUNDAMENTAIS DESTE QUEBRA CABEÇAS. SEM VOCÊS NÃO TERIA SIDO
POSSÍVEL REALIZAR ESTE TRABALHO. SEREI ETERNAMENTE GRATO.**

RESUMO

O crescente aporte de calor sensível na atmosfera, derivado das atividades e estruturas urbanas, em consonância com atributos geoecológicos do sítio, é capaz de formar ilhas de calor e gerar desconforto térmico para a população, podendo impactar negativamente na qualidade de vida na cidade. Neste sentido, entendendo a importância socioeconômica do distrito de Carapina para o município de Serra, assim como para toda a Região Metropolitana da Grande Vitória (RMGV) e observando o acelerado processo de urbanização experimentado pela região, este trabalho busca analisar se as mudanças nos padrões de uso e ocupação da terra e a intensificação das dinâmicas urbanas foram capazes de alterar as condições térmicas da área urbanizada do distrito de Carapina – Serra/ES, ao ponto de caracterizar a formação de ilhas de calor atmosféricas e/ou a existência de um clima urbano. Para isso, foi utilizada a técnica de *transects* móveis, sendo realizada duas campanhas de coletas de dados matutinas, vespertinas e noturnas, uma em situação sazonal de verão e outra de inverno, ambos sob atuação do sistema anticiclônico semi-fixo da América do Sul (ASAS). Além das medidas móveis também foram instalados miniabrigos meteorológicos equipados com *dataloggers* de registro automático. As estações fixas mensuraram os valores de temperatura do ar a cada 1h00min ao longo das estações de inverno e verão. Os 7 pontos de coleta fixos e 35 móveis buscaram abranger as diferentes características geourbanas e geoecológicas do distrito de Carapina. Os resultados mostram que as áreas mais aquecidas ficaram bem definidas nos períodos matutinos e vespertinos. Na análise noturna, o campo térmico apresentou comportamento praticamente homogêneo. No verão foi possível observar a formação de ilhas de calor forte magnitude às 9h00min (5,2°C), muito forte magnitude às 16h00min (11°C) e de fraca magnitude às 20h00min. (2,9°C). Já no inverno as ilhas de calor só foram observadas no período da tarde (15h00min – 8,2°C) e da noite (20h00min – 5,4°C). As maiores amplitudes térmicas diárias foram verificadas nas coletas de dados realizadas às 16h00min (verão) e 15h00min (inverno). A ilha de calor noturna foi mais proeminente no inverno, sendo 2,5°C superior à formada no verão. De maneira geral, os pontos localizados na porção litorânea apresentaram temperaturas mais amenas em relação ao interior. O diagnóstico confirmou que os aspectos construtivos das cidades, as distintas funções urbanas, a grande intensidade do tráfego veicular, a morfologia urbana, associados às características do relevo local, bem como à dinâmica de brisas marítimas, influenciam diretamente no comportamento térmico do ar, podendo gerar a formação de ilhas de calor atmosféricas. Os valores de S.V.F. influenciaram diretamente no campo térmico do distrito, facilitando a entrada de radiação durante o dia e contribuindo para uma rápida dispersão do calor sensível ao anoitecer. Apesar de já ser possível observar a influência dos aspectos geourbanos no comportamento do campo térmico, a análise não se mostrou suficiente para afirmar a existência de um clima urbano no distrito de Carapina-Serra/ES.

Palavras-Chave: Campo Térmico; Ilha de Calor; Zona Litorânea; Carapina-Serra/ES.

ABSTRACT

Contribution increasing of sensible heat in the atmosphere are derived urban activities and structures. Thewith the geocological attributes of the site, is capable of forming heat islands and generating thermal discomfort for the population, could negatively impact the quality of life in the city. Thus, understanding the socioeconomic importance of the district of Carapina for the municipality of Serra, as well as for the entire Metropolitan Region of Greater Vitória (RMGV) and observing the accelerated process of urbanization experienced by the region, this work analyze if the changes in the patterns land, occupation and the intensification of urban dynamics were able to alter the thermal conditions of the urbanized area of the Carapina - Serra / ES district, to the point of characterizing the formation of atmospheric heat islands and / or the existence of a urban climate. In order to do this, the mobile transects technique was used, and two morning, afternoon and evening data collection campaigns were performed, one in the summer and one in the winter, both under the semi-fixed anticlinal system of South America (ASAS). In addition to the mobile measures were also installed meteorological miniabrigos equipped with dataloggers of automatic registration. The fixed stations measured the air temperature values every 1h00min throughout the winter and summer seasons. The 7 fixed collection points and 35 furniture sought to cover the different geological and geocological characteristics of the district of Carapina. The results show that the warmer areas were well defined in the morning and evening periods. In the nocturnal analysis, the thermal field showed practically homogeneous behavior. In the summer it was possible to observe the formation of islands of strong heat magnitude at 9 am (5.2°C), very strong magnitude at 4 pm (11°C) and of low magnitude at 8 pm. (2.9°C). In the winter, the heat islands were only observed in the afternoon (3 pm - 8.2°C) and at night (4 pm - 5,4°C). The highest daily thermal amplitudes were verified in the data collections performed at 4 pm (summer) and 3 pm (winter). The island of night heat was more prominent in winter, being 2.5 ° C higher than that formed in the summer. In general, the points located in the coastal portion presented cooler temperatures in relation to the interior. The diagnosis confirmed that the constructive aspects of the cities, the different urban functions, the high vehicular traffic intensity, the urban morphology, associated to the characteristics of the local relief, as well as the sea breeze dynamics, directly influence the thermal behavior of the air. to generate the formation of atmospheric heat islands. The values of S.V.F. directly influenced the thermal field of the district, facilitating the entry of radiation during the day and contributing to a rapid dispersion of the sensible heat at dusk. Although it is already possible to observe the influence of the georban aspects on the behavior of the thermal field, the analysis was not sufficient to affirm the existence of an urban climate in the district of Carapina-Serra / ES.

Keywords: Thermal Field; Heat Island; Coastal Zone; Carapina-Serra / ES.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1- Localização do município de Serra-ES e divisão distrital	23
Figura 2 - Distrito de Carapina em 1970 e 2018. Sem Escala.....	25
Figura 3 - Município de Serra: trechos da rodovia BR-101 Norte em 1969 e 2015.	25
Figura 4 - Distribuição da população urbana e rural no estado do Espírito Santo entre os anos de 1940 e 2010.....	26
Figura 5 - Crescimento populacional no município de Serra-ES (1950 - 2017).....	27
Figura 6 - Densidade demográfica da área urbana do município de Serra-Es – 2010.	29
Figura 7 - Localização do distrito de Carapina - Serra-ES.....	31
Figura 8 - Estratificação vertical da atmosfera urbana proposta por Oke (1981) e os processos de formação da ilha de calor.....	45
Figura 9 - Esquema de escalas do clima segundo Oke (2006).	46
Figura 10 - Hierarquia funcional simplificada do Sistema Clima Urbano (S.C.U.).	49
Figura 11 - Fatores Geourbanos e Geoecológicos responsáveis pela formação da ICU.....	53
Figura 12 - Tipos de ilhas de calor.	53
Figura 13 - Variabilidade espacial da ilha de calor atmosférica.	55
Figura 14 - Perfil esquemático da ilha de calor vertical.	57
Figura 15 - Tipos de ilhas de calor superficiais de acordo com o local de obtenção da temperatura.	59
Figura 16 - Fluxograma Metodológico.....	61
Figura 17 - Unidades Geomorfológicas presentes no município de Serra-ES.	63
Figura 18 - Monte Mestre Álvaro.....	64
Figura 19 - Desenho do contorno morfológico do Maciço Mestre Álvaro realizado pelo Imperador Dom Pedro II em 1860.....	64
Figura 20 - Hipsometria do município de Serra-ES.	65
Figura 21 - Perfil hipsométrico da área urbana do distrito de Carapina - Serra-ES.....	66
Figura 22 - Mapa de orientação das vertentes do município de Serra-ES.....	67
Figura 23 - Ocupação urbano-industrial nas proximidades da lagoa Jacuném - Serra-ES.	68
Figura 24 - Normal climatológica da estação Vitória, Vitória-ES.	70

Figura 25 - Usos e ocupação da terra no distrito de Carapina - Serra-ES.	72
Figura 26 - Distribuição populacional no distrito de Carapina - Serra-ES.	73
Figura 27 - Localização dos pontos fixos e móveis e trajetos dos transects interior e litoral.	76
Figura 28 - Datalogger modelo Hobo U-12 e miniabrigo meteorológico.	99
Figura 29 - Termohigrômetro modelo MINIPA MT-241 e abrigo de PVC.	99
Figura 30 - Datalogger Hobo U-12 em ambiente fechado.	101
Figura 31 - Aferição dos Hobos em seus respectivos miniabrigos meteorológicos na estação oficial do INMET – UFES.	102
Figura 32 - Dataloggers modelo MINIPA na estação convencional do INMET (UFV) e em seus miniabrigos de PVC na estação automática do INMET (UFES).	103
Figura 33 - Termohigrômetros digitais modelo Minipa em seus miniabrigos de PVC e veículos utilizados nas coletas de dados.	104
Figura 34 - Modelo de dissipação do calor sensível em função dos valores de S.V.F.	107
Figura 35 - Realização das fotos hemisféricas da abóboda celeste.	108
Figura 36 - Radiação solar global referente aos períodos de verão e inverno de 2018.	134
Figura 37 - Mapa de NDVI (Normalized Difference Vegetation Index).	136
Figura 38 - Mapa de intensidade do tráfego veicular.	138
Figura 39 - Análise rítmica e cartas sinóticas dos dias 15/ 01 - 19/01.	139
Figura 40 - Comportamento do vento no dia 17/01/2018.	140
Figura 41 - Variação da temperatura do ar referente às 10h00min - Verão.	141
Figura 42 - Campo térmico do distrito de Carapina - 10h00min – Verão.	144
Figura 43 - Variação térmica entre os ramos quentes e frios - 10h00min – Verão.	147
Figura 44 - Variação da temperatura do ar referente às 16h00min – Verão.	148
Figura 45 - Campo térmico do distrito de Carapina - 16h00min – Verão.	149
Figura 46 - Variação térmica entre os ramos quentes e frios - 16h00min – Verão.	153
Figura 47 - Variação da temperatura do ar referente às 20h00min – Verão.	154
Figura 48 - Campo térmico do distrito de Carapina - 20h00min – Verão.	155
Figura 49 - Variação horária da velocidade do vento em 17/01/2018.	157

Figura 50 - Variação da temperatura do ar entre os setores interior e litoral - 20h00min – Verão.	158
Figura 51 - Variação térmica nos pontos fixos – Verão.	160
Figura 52 - Análise rítmica e cartas sinóticas dos dias 16/07 - 20/07.	162
Figura 53 - Comportamento do vento no dia 18/07/2018.	164
Figura 54 - Variação da temperatura do ar referente às 09h00min – Inverno.	165
Figura 55 - Campo térmico do distrito de Carapina - 09h00min – Inverno.	168
Figura 56 - Variação da temperatura do ar referente às 15h00min – Inverno.	171
Figura 57 - Comportamento da temperatura do ar nas coletas vespertinas de verão (16h00min) e inverno (15h00min).	172
Figura 58 - Campo térmico do distrito de Carapina - 15h00min – Inverno.	173
Figura 59 - Localização de alguns dos pontos que compõem o ramo de aquecimento Centro-Norte. (Sem escala).	177
Figura 60 - Variação térmica entre os ramos quentes e frios - 15h00min – Inverno.	177
Figura 61 - Variação da temperatura do ar referente às 20h00min – Inverno.	178
Figura 62 - Comportamento da temperatura do ar nos pontos de coleta fixos e móveis - 20h00min – Inverno.	179
Figura 63 - Campo térmico do distrito de Carapina - 20h00min – Inverno.	180
Figura 64 - Diferença de temperatura do ar entre os pontos mais aquecidos e mais amenos às 20h00min – Inverno.	183
Figura 65 - Variação térmica nos pontos fixos – Inverno.	184

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Plantas industriais instaladas na RMGV e no município de Serra na segunda metade do séc. XX.....	26
Tabela 2 - Taxa de urbanização do município de Serra-ES (1970 - 2010).....	27
Tabela 3 - Distribuição populacional por distrito administrativo - 2010 - Serra-ES.....	28
Tabela 4 - Importantes estudos sobre ilha de calor em nível mundial entre as décadas de 1970 e 1970.	35
Tabela 5 - Categorias taxonômicas da organização geográfica do clima e suas articulações com o clima urbano.	46
Tabela 6 - Sistema Clima Urbano (S.C.U.) - Articulação dos sistemas segundo os canais de percepção.	50
Tabela 7 - Classificação das ilhas de calor atmosféricas segundo as suas intensidades.	54
Tabela 8 - Vantagens e desvantagens no processo de mensuração por meio dos pontos fixos e móveis.....	56
Tabela 9 - Síntese da caracterização Geourbana e Geoecológica dos pontos fixos e móveis.	77
Tabela 10 - Síntese das aferições realizadas e respectivos resultados após análise de Pearson.	103
Tabela 11 - Síntese das informações referentes aos episódios de coleta de dados.....	105
Tabela 12 - Classes de obstrução da abóboda celeste.....	109
Tabela 13 - Fotos hemisféricas, classificação dos pontos quanto à obstrução da abóboda celeste e trajetórias polar de verão e inverno.....	110
Tabela 14 - Classificação do S.V.F. dos pontos fixos e móveis e horários de incidência solar direta (Verão).....	131
Tabela 15 - Classificação do S.V.F. dos pontos fixos e móveis e horários de incidência solar direta (Inverno).	132
Tabela 16 - Resultados da análise de Pearson referente ao campo térmico das 10h00min – Verão.	142
Tabela 17 - Resultados da análise de Pearson referente ao campo térmico das 16h00min – Verão.	151
Tabela 18 - Resultados da análise de Pearson referente ao campo térmico das 20h00min – Verão.	156
Tabela 19 - Índice de nebulosidade do céu nos momentos dos registros e presença de incidência solar direta nos pontos durante a coleta de dados.	166

Tabela 20 - Resultados da análise de Pearson referente ao campo térmico das 09h00min – Inverno.....	169
Tabela 21 - Resultados da análise de Pearson referente ao campo térmico das 15h00min – Inverno.....	174
Tabela 22 - Intensidade do tráfego veicular nos pontos de coleta do ramo de aquecimento Centro-Norte.....	176
Tabela 23 - Resultados da análise de Pearson referente ao campo térmico das 20h00min – Inverno.....	181
Tabela 24 - Intensidade máxima das ilhas de calor observadas sazonalmente no distrito de Carapina-Serra/ES.	187

LISTA DE EQUAÇÕES

Equação 1: Equação de correção dos dados diurnos e noturnos dos transects móveis.....	105
--	-----

LISTA DE ABREVIACÕES

ASAS	Alta Subtropical do Atlântico Sul
Av.	Avenida
BIOCLIMA	Laboratório de Biogeografia e Climatologia da Universidade Federal de Viçosa
°C	Graus Celsius
CIVIT I	Complexo Industrial de Vitória I
CIVIT II	Complexo Industrial de Vitória II
CNUDS	Conferência das Nações Unidas sobre Desenvolvimento Sustentável
COFAVI	Companhia Ferro e Aço de Vitória
CPRM	Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais
CPT	Complexo Porto de Tubarão
CPTEC	Centro de Previsão do Tempo e Estudos Climatológicos
CST	Companhia Siderúrgica de Tubarão
CVRD	Usina de Pelotização da Companhia Vale do Rio Doce
DNH	Marinha do Brasil – Diretoria de Hidrografia e Navegação
ENE	Lés-Nordeste
ESE	Lés-Sudeste
FF	Frente Fria
IAF	Índice de Área Foliar
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
ICA	Ilha de Calor Atmosférica
ICS	Ilha de Calor de Superfície
ICU	Ilha de Calor Urbana
ICV	Ilha de Calor Vertical
IDW	Inverse Distances Weigth
IEMA	Instituto Estadual de Meio Ambiente e Recursos Hídricos
IFES	Instituto Federal do Espírito Santo
INMET	Instituto Nacional de Meteorologia
INPE	Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais
IUC	Ilha de Calor Urbana
LCZ	Zonas Climáticas Locais
MDE	Modelo Digital de Elevação

m/s	Metros por segundo
mPa	Massa Polar Atlântica
NDVI	Normalized Difference Vegetation Index
NE	Nordeste
NO	Noroeste
OLI	Operational Land Imager
OMM	Organização Mundial de Meteorologia
ONU	Organização das Nações Unidas
PDU	Plano Diretor Urbano
PDMS	Plano Diretor Municipal da Serra
PMS	Prefeitura Municipal da Serra-ES
RMGV	Região Metropolitana da Grande Vitória
PVC	Policloreto de Vinila
RAMQAr	Rede Automática de Monitoramento da Qualidade do Ar
S.C.U	Sistema Clima Urbano
SE	Sudeste
SIG	Sistema de Informações Geográficas
SRTM	Shuttle Radar Topograph Mission
SUHI	Surface Urban Heat Island
SVF	Sky View Factor (Fator de Visão do Céu)
TIN	<i>Triangulated Irregular Network</i>
TST	Temperatura de Superfície Terrestre
TSUC	Temperatura de Superfície Urbana Completa
TVM	Three-dimensional Vorticity-mode Model
UBL	Urban Bondary Layer (Camada Limite Urbana)
UCL	Urban Canopy Layer (Camada do Dossel Urbano)
UFES	Universidade Federal do Espírito Santo
UFV	Universidade Federal de Viçosa
UHI	Urban Heat Island
USGS	United States Geological Survey (Serviço Geológico dos Estados Unidos)
WMO	World Meteorological Organization
ZCAS	Zona de Convergência do Atlântico Sul

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	21
2. JUSTIFICATIVA E OBJETIVOS	24
2.1 Município de Serra: de “casa de praia” à cidade mais populosa do estado do Espírito Santo.....	24
2.2 Objetivos Geral e Específicos.....	32
3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA: URBANIZAÇÃO, CLIMA E SOCIEDADE.	32
4. REFERENCIAL TEÓRICO E CONCEITUAL	44
4.1 Clima e escala	44
4.2 Clima Urbano.....	48
4.3 Ilha de Calor.....	51
4.3.1 Ilha de Calor Atmosférica – ICA	54
4.3.2 Ilha de Calor Vertical – ICV	57
4.3.3 Ilha de Calor de Superfície – ICS	58
5. MATERIAIS E MÉTODOS.....	60
5.1 Características do Sítio.....	62
5.1.1 Caracterização Geomorfológica.....	62
5.1.2 Caracterização Hipsométrica.....	65
5.1.3 Mapa de Orientação das Vertentes.....	66
5.1.4 Caracterização Hidrográfica.....	67
5.2 Caracterização Climática	68
5.3 Características de Uso e Ocupação da terra e Densidade Demográfica	71
5.4 Definição e Caracterização dos Pontos de Coleta Fixos e Móveis.....	74
5.5 Equipamentos Utilizados.....	99
5.6 Calibrações e Aferições	100
5.6.1 Aferições dos Hobos em Laboratório	100
5.6.2 Aferição dos Hobos em Campo	101
5.6.3 Aferição dos Minipas em Campo	102
5.7 Acompanhamento das Condições Sinóticas	103
5.8 Realização dos Transects Móveis	104
5.9 Correção dos Dados Atmosféricos.....	105
5.10 Levantamento do Sky View Factor (SVF)	106
5.11 Interpolação dos Dados e Mapeamento do Campo Térmico	133
5.12 Quantificação do Índice de Radiação Solar Global	133
5.13 Levantamento do Índice de Vegetação (NDVI).....	134

5.14 Levantamento do Tráfego Veicular	137
6. RESULTADOS E DISCUSSÕES	139
6.1 Coleta de Verão	139
6.1.1 Condições Sinóticas da Coleta de Verão	139
6.1.2 Análise Episódica da Coleta de Verão – 10h00min.....	141
6.1.2 Análise Episódica da Coleta de Verão – 16h00min.....	147
6.1.3 Análise Episódica da Coleta de Verão – 20h00min.....	154
6.1.2 Análise Sazonal – Verão	160
6.2 Coleta de Inverno.....	162
6.2.1 Condições Sinóticas da Coleta de Inverno	162
6.2.2 Análise Episódica da Coleta de Inverno – 09h00min.....	164
6.2.3 Análise Episódica da Coleta de Inverno – 15h00min.....	170
6.2.4 Análise Episódica da Coleta de Inverno – 20h00min.....	178
6.2.5 Análise Sazonal – Inverno	183
7. CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	186
8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	190

1. INTRODUÇÃO

A cidade é um dos principais palcos das relações sociais e desde a Revolução Industrial vem apresentando vertiginoso crescimento populacional (SANTOS, 1991). Segundo o relatório *World Urbanization Prospects* (ONU, 2018), o número de pessoas vivendo no meio urbano saltou de 751 milhões em 1950, para 4,2 bilhões em 2011. As expectativas é que até 2050 68% da população mundial resida em cidades. Associado a isso, os centros urbanos são os locais de maior concentração comercial e industrial e, apesar de ocuparem apenas cerca de 2% da superfície terrestre, são responsáveis pela geração de mais de 70% do dióxido de carbono presentes na atmosfera (ONU, 2012).

Inegavelmente o crescimento das cidades trouxe consigo uma série de desafios, tanto de ordem socioeconômica, quanto de caráter ambiental. De maneira geral o planejamento urbano não possui como prioridade assegurar a qualidade ambiental, podendo gerar assim sobrecarga nos recursos naturais e modificações na atmosfera local. Segundo Landsberg (2006)¹, o processo de urbanização altera as características da superfície, produz calor antropogênico e modifica a composição atmosférica, podendo imprimir às cidades um clima com características singulares, ou então a formação Zonas Climáticas Locais (LCZ) no interior do meio urbano.

Os impactos das modificações do uso e cobertura da terra na saúde humana já são vastamente conhecidos. De acordo com Amorim (2010), o aumento da temperatura nas áreas urbanas pode provocar desconforto térmico, irritabilidade, desconcentração, inapetência, desidratação, câibras, desmaios, exaustão pelo calor e até a morte.

Giguère (2009) aponta que o aumento da temperatura do ar no meio urbano favorece a concentração de poluentes, fazendo com que, segundo Amorin (2010), haja deterioração da qualidade do ar, podendo danificar o tecido pulmonar e agravar as doenças cardiovasculares e respiratórias.

Segundo Roux (2014), com o passar dos anos estes problemas tendem a aumentar, impactando diretamente no conforto térmico urbano e aumento da vulnerabilidade da população citadina frente às altas temperaturas. Em 2003, por exemplo, uma forte onda de

¹ Original em língua Inglesa. LANDSBERG, H. E. (1956) The Climate of Towns in THOMAS, W. L. org. (1956) *Man's Role in Changing the Face of the Earth*. Vol. 2, pp. 584 - 606. Tradução: Prof. Dr. Tarik Rezende de Azevedo, DG, FFLCH, USP. Revisão pela Profa. Dra. Maria Elisa Siqueira Silva, DG, FFLCH, USP. In: *Revista do Departamento de Geografia*, v.18, p.95-111. (2006).

calor que atingiu a França elevou excepcionalmente as taxas de mortalidade (INSTITUT DE VEILLE SANITAIRE, 2004).

Os problemas de ordem sanitárias ocasionados pelo aumento da temperatura do ar no meio urbano atingem, principalmente, idosos, crianças, pessoas de baixo poder aquisitivo e cidadãos que já possuem algum tipo de doença crônica (GIGUÈRE, 2009).

Além dos efeitos na saúde humana, o aumento das temperaturas nas cidades também impacta diretamente na economia. Segundo Souza (2010), a adição de 1°C na temperatura do ar no meio urbano pode gerar aumento de até 8,5% no consumo de energia elétrica, atrelado, especialmente, à utilização do ar condicionado.

As cidades, geradoras de seu clima próprio decorrentes das transformações de sua superfície em consonância com seus atributos geoecológicos, são muitas vezes entendidas como a dispersora dos problemas ambientais. No entanto, o relatório da Conferência Rio + 20² “Fatos sobre a Cidade”, aponta que nas cidades podem estar as chaves para as soluções de inúmeros desafios mundiais. Segundo a ONU (2012), elas estão em uma posição única para liderar o esverdeamento da economia global³, melhorar a eficiência do uso da energia, água e sistemas de resíduos, por exemplo.

Para que a cidade possa ser ocupada e planejada de maneira que privilegie as questões ambientais e a sustentabilidade, conforme consta no inciso IV do Art. 3º e inciso I do Art. 5º do novo Plano Diretor Municipal da Serra (PDMS, 2012), é preciso que se tenha *a priori* conhecimentos acerca do comportamento de alguns dos elementos que caracterizam a condição singular da atmosfera urbana, dentre eles a temperatura e a umidade atmosférica. Estes elementos climáticos são de suma importância, uma vez que podem interferir de maneira negativa na qualidade de vida das pessoas.

² A Conferência das Nações Unidas sobre Desenvolvimento Sustentável (CNUDS), conhecida também como Rio+20, foi uma conferência realizada entre os dias 13 e 22 de junho de 2012 na cidade do Rio de Janeiro-BR, com o objetivo de renovar o compromisso político com o desenvolvimento sustentável (ONU, 2012).

³ Termo associado ao modelo de desenvolvimento econômico pautado pelos princípios de respeito ao meio ambiente e de preservação dos ecossistemas existentes em toda a sua riqueza e diversidade. Trata-se de desenvolver uma economia capaz de vincular os interesses financeiros e tecnológicos aos ecológicos, sem que o bem-estar das nações seja prejudicado (NUGENT E FILHO, 2014).

Neste sentido, entendendo a importância socioeconômica do distrito de Carapina para o município de Serra, Espírito Santo, assim como para toda a Região Metropolitana da Grande Vitória (RMGV), e observando seu alto grau de industrialização⁴, assim como o processo de urbanização experimentado pelo distrito (com a supressão de áreas verdes, aumento da massa edificada, ocupação de áreas de grande sensibilidade ambiental, falta de planejamento urbano adequado, entre outros), indaga-se se o acelerado processo de urbanização, associado às mudanças nos padrões de uso e ocupação da terra foram capazes de alterar as condições térmicas da área urbanizada do distrito de Carapina – Serra/ES, ao ponto de caracterizar no mesmo a existência de um clima urbano e/ou ilha de calor atmosférica (Figura 1).

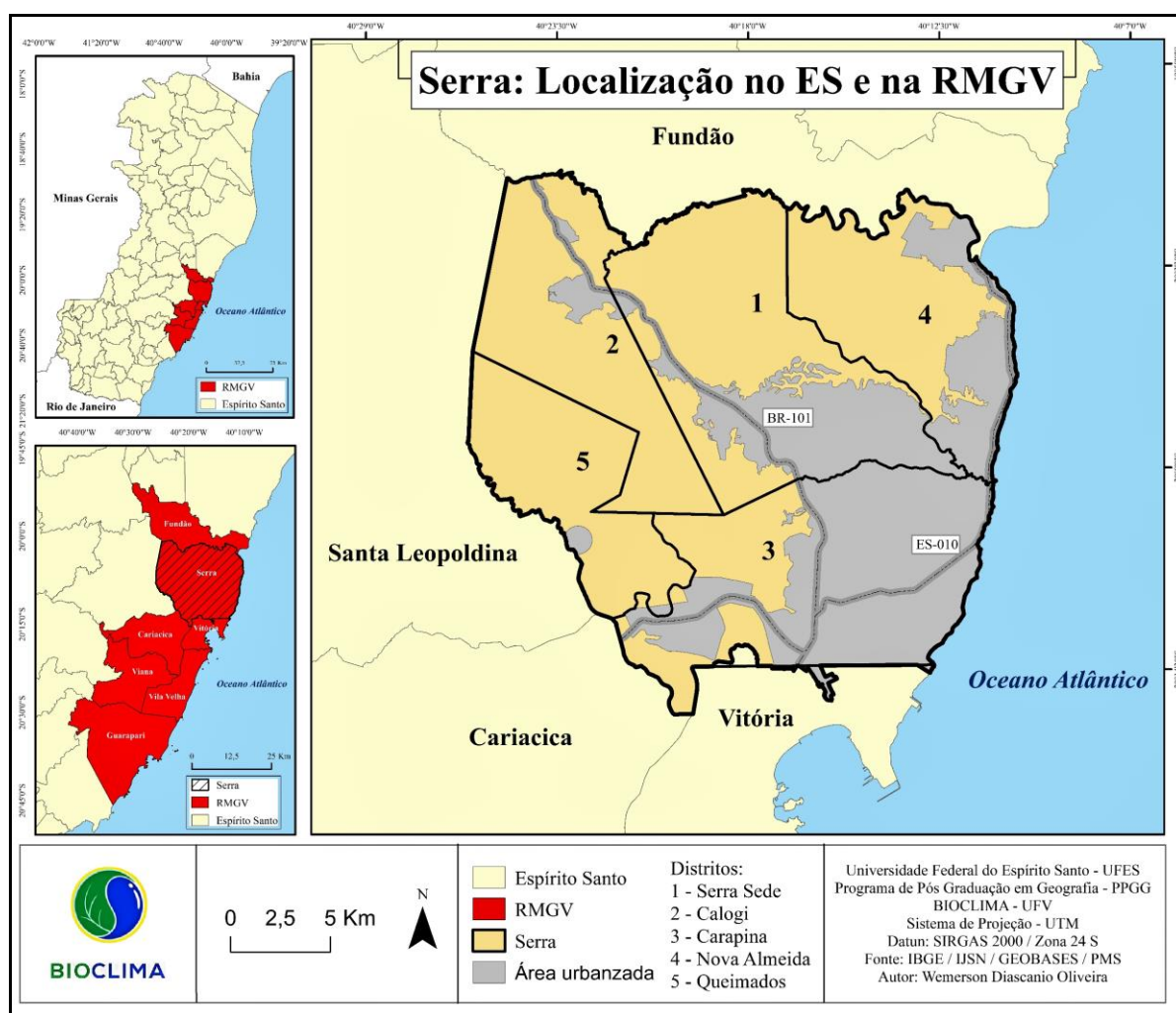


Figura 1- Localização do município de Serra-ES e divisão distrital

Fonte: Wemerson Diascanio Oliveira

⁴ A produção industrial do município de Serra representa um terço do PIB capixaba deste seguimento, sendo que o distrito de Carapina concentra 80% dos polos industriais do município serrano. (PMS, 2011)

2. JUSTIFICATIVA E OBJETIVOS

2.1 Município de Serra: de “casa de praia” à cidade mais populosa do estado do Espírito Santo.

Em 8 de dezembro de 1556, o padre Lourenço Brás celebra a primeira missa na capela Nossa Senhora da Conceição, localizada na aldeia onde hoje se encontra o distrito de Serra Sede. Esta celebração marcou a fundação da comarca de Nossa Senhora da Conceição, até então pertencente ao município de Vitória. Em 1822 a aldeia se eleva a categoria de vila, sendo chamada de Vila da Serra. Sua emancipação só ocorreu em 1833, nascendo assim, o município de Serra – ES (FIORETTI, 2014; BOSCAGLIA, 2013).

Ao longo dos séculos XVII, XVIII e XIX, as ocupações eram restritas, principalmente, ao entorno das igrejas Reis Magos, em Nova Almeida e Nossa Senhora da Conceição, em Serra-Sede. Além destes, também havia pequenos núcleos no entorno da igreja de São João de Carapina, em Carapina e São José, em Queimados (FIORETTI, 2014).

Do ponto de vista econômico, as atividades se restringiam à subsistência, extração de madeira (principalmente Jacarandá) e cultivos agrícolas, como cana-de-açúcar e mandioca. Havia também pequenas vilas de pescadores no litoral. Uma maior dinamização e prosperidade econômica só foram observadas a partir de 1880 com o cultivo do café (FIORETTI, 2014).

Para Zanotelli (1992), a atividade cafeeira se tornou a mais importante fonte de riquezas para a economia capixaba. O café proporcionou ao setor terciário a acumulação de capital e serviu para afirmar o posto de Vitória como cidade essencialmente portuária.

Ao longo do séc. XIX, as alterações dos ciclos econômicos transformaram paisagem natural, até então formada basicamente por Mata Atlântica, em uma paisagem marcada por pastagens e propriedades rurais. Neste momento ainda não se observava a presença significativa de urbanização (FIORETTI, 2014).

A maior parte dos loteamentos existentes no município até a década de 1970 estava localizado na faixa litorânea, em especial nas orlas dos balneários de Carapebus, Mangueiros, Bica e Jacaraípe. Neste período, o processo de urbanização era resultante das atividades turísticas, baseadas em residências secundárias, utilizadas pelas classes média e alta como veraneio e finais de semana (FIORETTI, 2014).

Na primeira metade do século XX a população do município de Serra era composta por 9.245 habitantes. O atual Distrito de Carapina era formado por grandes fazendas e um pequeno núcleo urbano, tendo a agricultura e a pecuária como atividades econômicas principais. As áreas mais urbanizadas do distrito estavam localizadas no litoral. Esta paisagem de aspecto rural, pouco urbanizada e de atividades agrícolas se manteve até a década de 1970 do séc. XX (FIORETTI, 2014) (Figura 2) e (Figura 3).

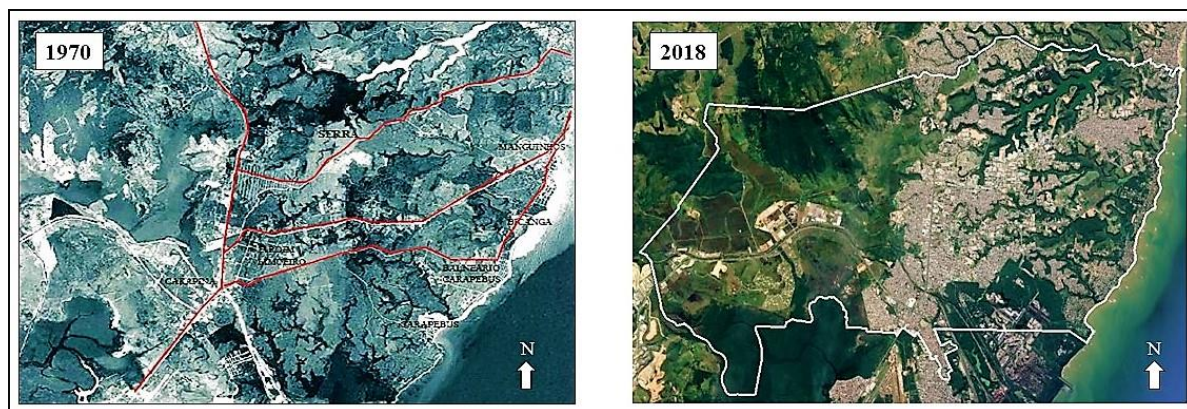


Figura 2 - Distrito de Carapina em 1970 e 2018. Sem Escala.

Fontes: Fioretti (2014); Google Earth Pro (2018)

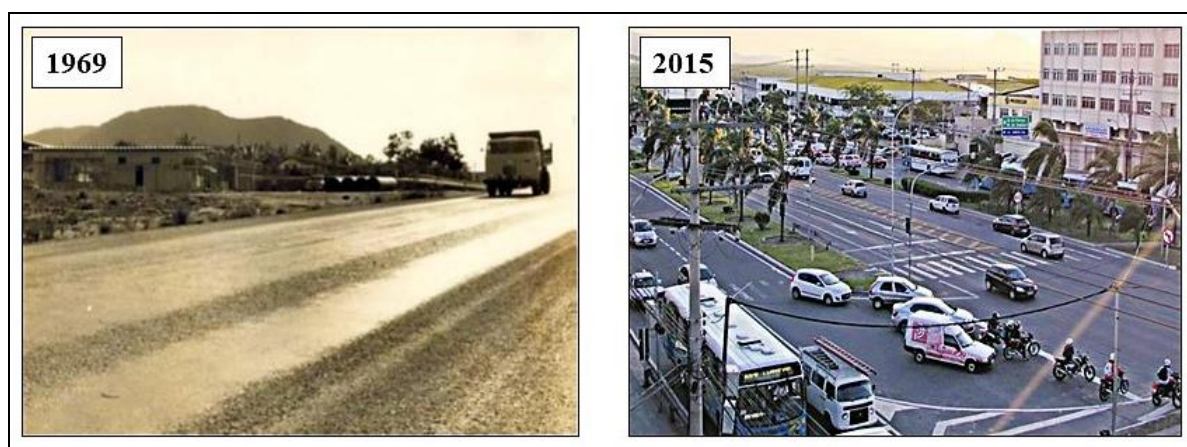


Figura 3 - Município de Serra: trechos da rodovia BR-101 Norte em 1969 e 2015.

Fontes: Prefeitura Municipal de Serra-ES (PMS); Jornal Tempo Novo (2018)

A partir da década de 1970, o Estado do Espírito Santo, em especial o que viria a se tornar a sua região metropolitana, começa a presenciar um grande desenvolvimento industrial. O crescimento e a diversificação da atividade fabril capixaba foram orientados pelo “grande capital”, tanto de origem nacional quanto estrangeira, dirigidos por grupos estatais e privados. Neste período, instalam-se nos municípios de Serra, Vitória e Cariacica importantes plantas indústrias (Tabela 1).

Tabela 1 - Plantas industriais instaladas na RMGV e no município de Serra na segunda metade do séc. XX.

EMPREENHIMENTO	ANO	LOCAL DE INSTALAÇÃO
Usina de Pelotização da Companhia Vale do Rio Doce – CVRD	1969	Vitória
Companhia Siderúrgica de Tubarão – CST	1983	Distrito de Carapina - Serra
Complexo Porto de Tubarão - CPT	1966	Distrito de Carapina - Serra
Companhia Ferro e Aço de Vitória - COFAVI	1963	Cariacica
Complexo Industrial de Vitória - CIVIT I	1978	Distrito de Carapina - Serra
Complexo Industrial de Vitória - CIVIT II	1986	Distrito de Carapina - Serra

Fonte: Prefeitura Municipal de Serra (PMS, 2011)

Organização: Wemerson Diascanio Oliveira

Na década de 1950, especialmente em meados da década de 1960, o vislumbre de novas oportunidades de emprego e renda decorrentes do processo de industrialização, associado à degradação do meio rural e a erradicação dos cafezais, tornaram a RMGV um polo de atração populacional. Fortes correntes migratórias oriundas do sul da Bahia, oeste de Minas Gerais e norte do Rio de Janeiro, além das migrações internas provenientes tanto do meio rural das cidades metropolitanas, quanto das cidades do interior do Espírito Santo, proporcionaram ao estado Capixaba um acréscimo exponencial de seu contingente populacional urbano (ZONATELLI, 1992). (Figura 4)

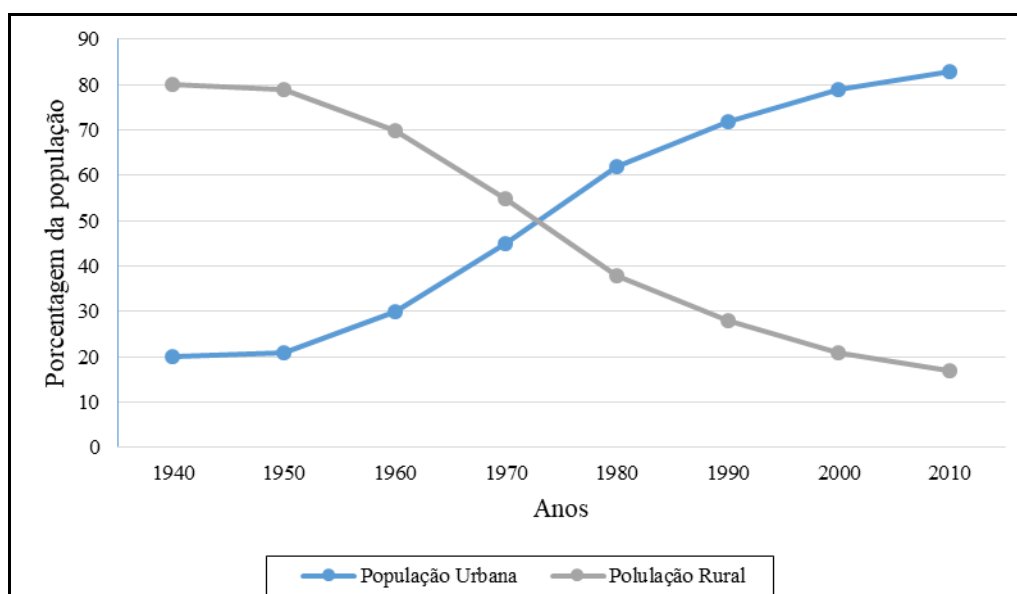


Figura 4 - Distribuição da população urbana e rural no estado do Espírito Santo entre os anos de 1940 e 2010.

Fonte: IBGE

Organização: Wemerson Diascanio Oliveira

No município de Serra, este incremento populacional se deu a partir da década de 1970, e se intensificou nas décadas seguintes. Segundo dados do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE (2010), entre os anos de 1970 e 2010 a população serrana passou de 17.286 habitantes para 417.893, apresentando um crescimento de mais de 2.417%. Na porção urbana, o crescimento populacional foi ainda mais intenso. No intervalo de apenas 40 anos, a população urbana aumentou em mais de 5.200%. Em 1970, do total de habitantes do município, apenas 7.967 (46,1%) residiam na cidade, enquanto no ano de 2010, dos 417,893 moradores de Serra, 415,076 ocupavam a área urbana, fazendo com que o município apresentasse uma taxa de urbanização de 99,8%. (Figura 5 e Tabela 2)

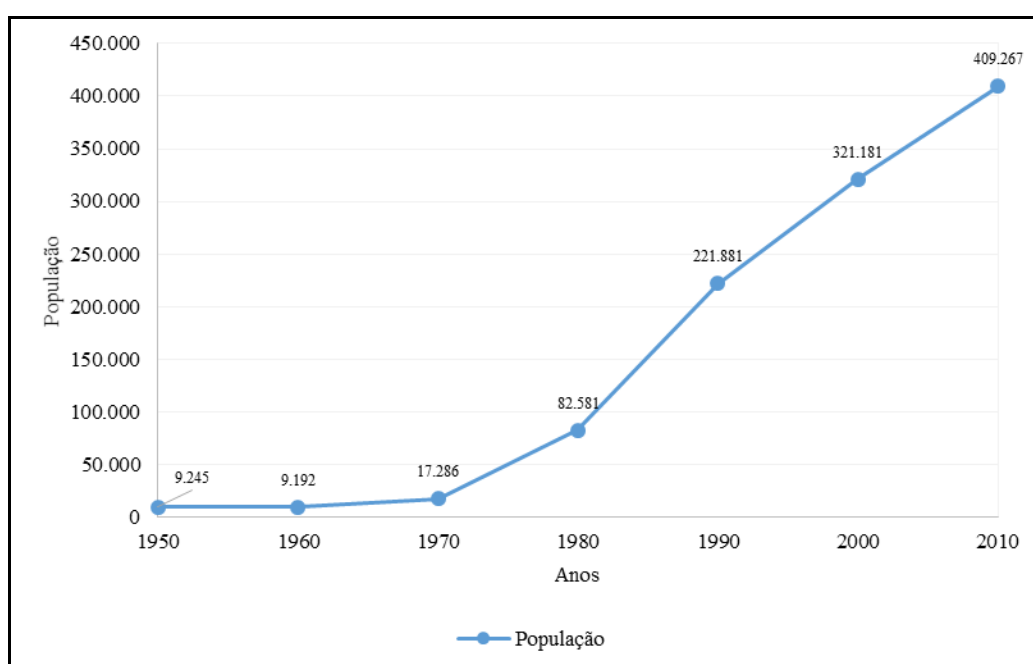


Figura 5 - Crescimento populacional no município de Serra-ES (1950 - 2017).

Fonte: IBGE Elaboração: Wemerson Diascanio Oliveira

Tabela 2 - Taxa de urbanização do município de Serra-ES (1970 - 2010).

Ano	População Total	População Urbana	Taxa de Urbanização
1970	17,286	7,967	46,1
1980	82,581	80,300	97,2
1990	222,159	220,615	99,3
2000	321,181	319,621	99,5
2010	409,276	406.450	99,3

Fonte: IBGE Elaboração: Wemerson Diascanio Oliveira

Para Morandi (1997), os chamados “grandes projetos” geraram fortes impactos sociais e ambientais na Grande Vitória. No município de Serra, Albuquerque (2010), aponta que o expressivo aumento populacional demandou do poder público municipal oferta de serviços, infraestrutura e moradia para além de sua própria capacidade. Fazendo com que neste período, segundo Mattos (2011), surgissem na Grande Vitória inúmeros bairros periféricos e favelas, ocupando morros, manguezais e brejos e baixadas.

As mudanças socioeconômicas, o acelerado processo de urbanização e industrialização, a ampliação do mercado de trabalho e o baixo preço dos imóveis, fizeram com que o município de Serra se tornasse um dos principais polos de atração migratória da RMGV na segunda metade do séc. XX (BOSCAGLIA, 2013). O município abriga quase 1/4 de toda a população residente na RMGV e mais de 10% da população do estado do Espírito Santo. Atualmente, Serra é o município mais populoso do estado, abrigando 417, 893 habitantes. De seu total populacional, 99,8% residem na área urbana, proporcionando uma densidade demográfica de 1.816 hab./km² (IBGE, 2010).

O processo de urbanização de Serra se deu a partir dos vetores de expansão associados aos novos projetos industriais e aos grandes eixos viários (BR 101 e ES 010). Neste sentido, a malha urbana municipal e a distribuição demográfica são altamente desequilibradas. A porção oriental de seu território, especialmente o litoral, sudeste e centro, compreendendo os distritos de Serra Sede, Carapina e Nova Almeida possuem maior concentração populacional e urbana. Enquanto a leste, nos distritos de Queimados e Calogi, pouco se observa de área urbanizada e concentração populacional (Tabela 3) e (Figura 6).

Tabela 3 - Distribuição populacional por distrito administrativo - 2010 - Serra-ES.

Distritos	População Total	População Urbana	Taxa de Urbanização
Carapina	251.967	251.940	99,99
Serra Sede	112.103	111.503	99,76
Nova Almeida	51.190	51.056	99,74
Calogi	1.800	577	32,06
Quimados	833	-----	0,00

Fonte: IBEG **Organização:** Wemerson Diascanio Oliveira

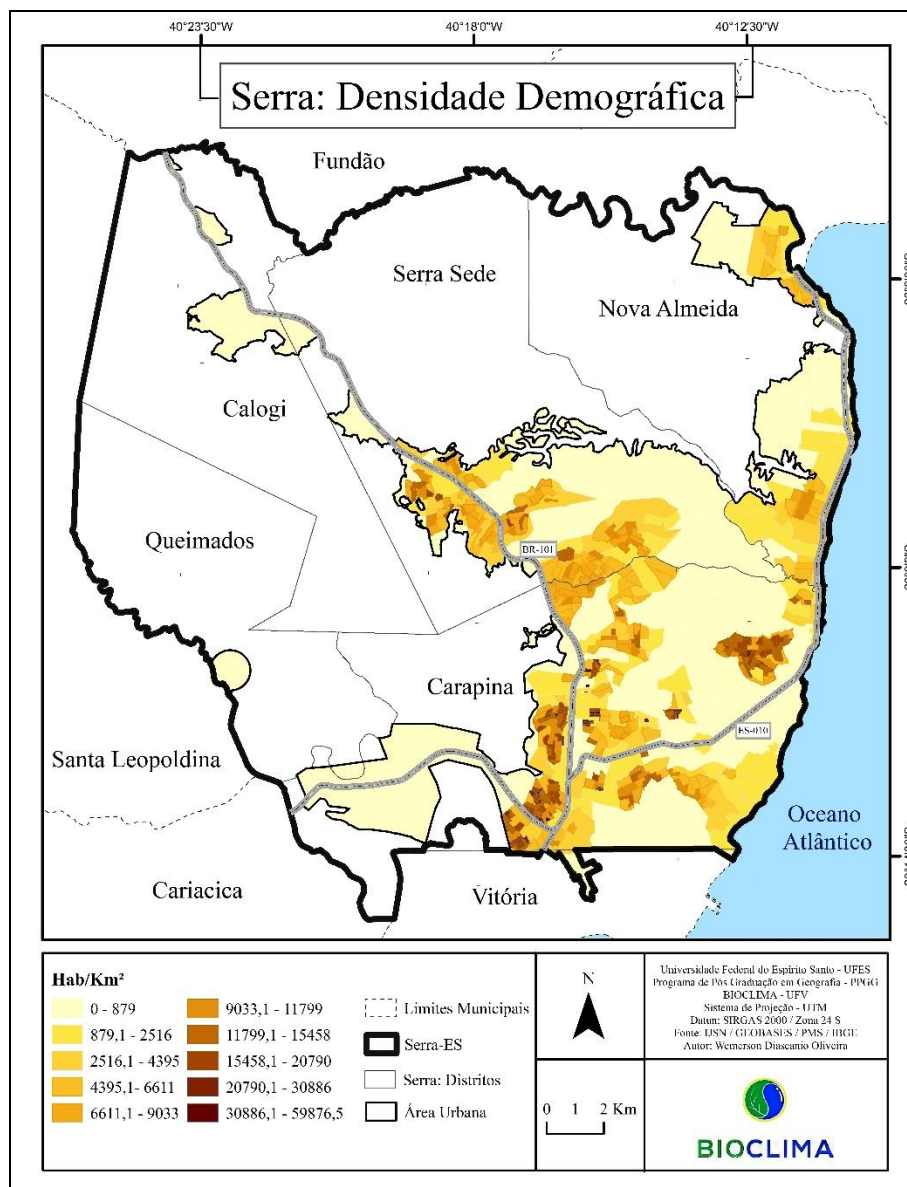


Figura 6 - Densidade demográfica da área urbana do município de Serra-ES – 2010.

Fonte: Wemerson Diascanio Oliveira

Carapina foi o palco privilegiado dos grandes projetos industriais. O distrito sediou a instalação do maior número de plantas industriais do Espírito Santo na segunda metade do séc. XX. Nele situam-se a Companhia Siderúrgica de Tubarão (CST – Atualmente Arcelor Mital), o Complexo Porto de Tubarão e as CIVITs (Centro Industrial de Vitória) I e II (Tabela 1). Juntamente com as indústrias, proliferaram no distrito diversos loteamentos e conjuntos habitacionais. Estes fatores fizeram com que houvesse em Carapina uma rápida expansão urbana associada a um acelerado crescimento populacional (BOSCAGLIA, 2013).

Neste período o município de Serra ainda não contava com nenhuma norma própria que estabelecesse critérios próprios para o parcelamento e uso e ocupação da terra. O zoneamento

urbanístico e as normas de uso e ocupação da terra só foram estabelecidos após entrar em vigor o primeiro Plano Diretor Urbano (PDU), instituído pela Lei nº. 2.100 no ano de 1998⁵, quase 30 anos após a intensificação do processo de urbanização e crescimento demográfico municipal. Até este momento, a expansão urbana seguia a lógica dos interesses particulares e econômicos de especulação imobiliária e loteamentos privados, relegando um planejamento urbano que ordenasse o crescimento da cidade levando em consideração a qualidade ambiental e conforto da população (FIORETTI, 2014).

Atualmente, o distrito de Carapina concentra o maior contingente populacional do município, 60,3%. Apresentando entre os anos de 1990 e 2010 uma taxa de crescimento domiciliar de 3,7% (IBGE, 2010). O setor imobiliário tem atuado de maneira dinâmica na região. Nos últimos anos, o município tem se firmado com uma das principais áreas de expansão imobiliária da RMGV. No Distrito de Carapina, observa-se neste início do séc. XXI a implantação de diversos condomínios multifamiliares horizontais, bem como o início de um processo de verticalização. Estas novas formas de ordenamento territorial urbano convivem lado a lado com loteamentos populares (legais e ilegais), ocupações (invasões) e conjuntos habitacionais (CAMPOS JUNIOR e GONSALVES, 2009).

O contingente populacional municipal e seu processo de urbanização refletiram ao longo do tempo as dinâmicas econômicas regionais. Até a primeira metade do século XX, a população domiciliada no município não sofreu grandes mudanças em seu tamanho e composição. A área efetivamente urbanizada se restringia ao litoral, em função, principalmente, das casas de veraneio e ao longo das margens das rodovias. A partir da década de 1960, mudanças estruturais e a instalação de grandes plantas industriais no município impulsionaram um acelerado crescimento populacional e aumento da cidade por adensamento e expansão para a área rural, tornando a vila jesuítica em um município metropolitano de grande importância socioeconômica.

O distrito de Carapina se destaca na dinâmica urbana e populacional do município de Serra. Concentra a maior quantidade de indústrias do município, possui o maior contingente populacional e a maior densidade demográfica em sua porção urbanizada.

⁵ A lei nº 1944 de 20 de dezembro de 1996 que instituiu o primeiro Plano Diretor Urbano da cidade de Serra foi revogada dois anos depois pela lei nº 2.100 no ano de 1998, instituindo um novo Plano Diretor Urbano para a cidade. Em 2012 foi implementando o mais novo Plano Diretor Municipal, instituído pela lei 3.820 de 11 de janeiro de 2012.

Localizado na porção Sul do município de Serra, Carapina faz divisa com a capital do Espírito Santo, Vitória. Possui 152 km², sendo 46 % de área urbanizada. É estruturado em 72 bairros e concentra o maior contingente populacional do município 251.967, sendo 99,99% vivendo na área urbana. Este distrito se apresenta como o núcleo do município de Serra, exercendo intensa centralidade de serviços, comércios e indústrias (Figura 7).

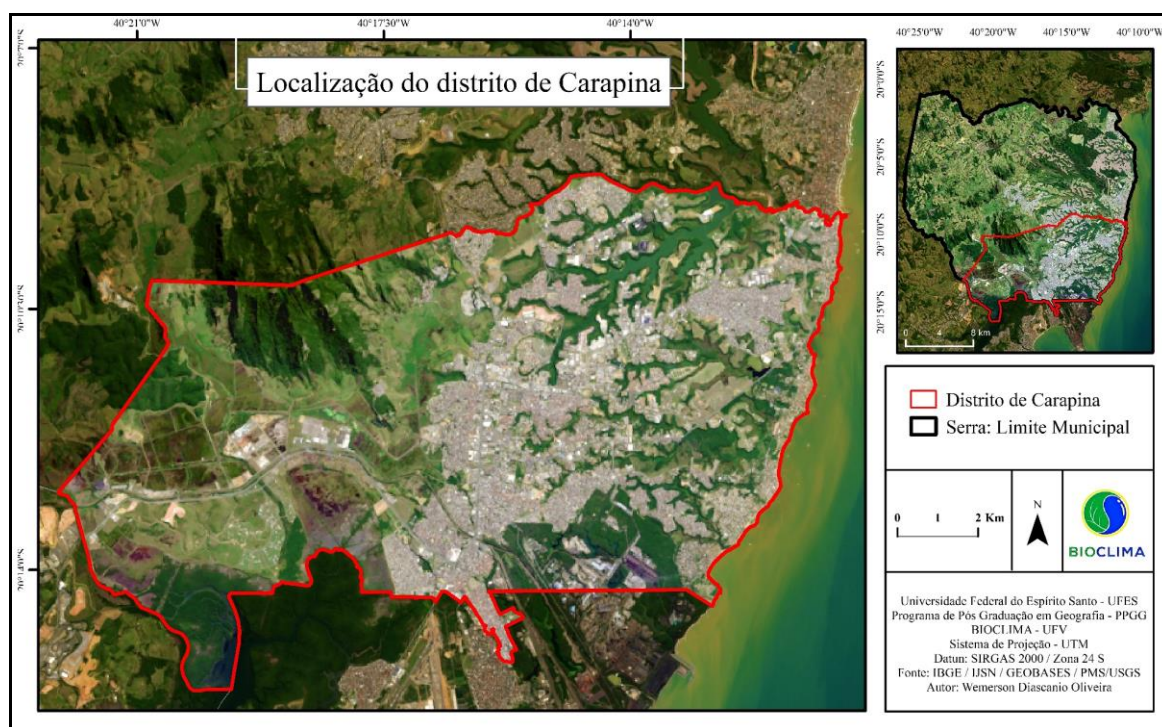


Figura 7 - Localização do distrito de Carapina - Serra-ES.

Fonte: Wemerson Diascanio Oliveira

Neste sentido, entendendo a importância socioeconômica do distrito de Carapina para o município de Serra, assim como para toda a RMGV e observando o processo de urbanização experimentado pela região, com a supressão de áreas verdes, aumento da massa edificada, ocupação de áreas de grande sensibilidade ambiental, falta de planejamento urbano adequado, entre outros, indaga-se: o acelerado processo de urbanização, associado às mudanças nos padrões de uso e ocupação da terra, foram capazes de alterar as características térmicas ao ponto de caracterizar a existência de um clima urbano e/ou ilha de calor atmosférica no distrito de Carapina – Serra - ES?

2.2 Objetivos Geral e Específicos

Objetivo Geral

Analisar o comportamento do campo térmico do distrito de Carapina (Serra-ES) em situação sazonal de inverno e verão, a fim de avaliar a possível existência de ilha de calor atmosférico e/ou clima urbano.

Objetivos Específicos

- Analisar o campo térmico do ar atmosférico no período chuvoso “verão” e no período menos chuvoso “inverno”, no distrito de Carapina (Serra-ES).
- Correlacionar o campo térmico do distrito de Carapina com seus diferentes padrões de usos e ocupação da terra e dinâmicas urbanas;
- Identificar e avaliar a influência dos fatores geoecológicos⁶ no comportamento do campo térmico.

3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA: URBANIZAÇÃO, CLIMA E SOCIEDADE.

Ao longo do tempo as ações do homem transformam ambientes ditos “naturais” em ambientes alterados pelas diversas formas de uso e ocupação da terra e pelo processo de urbanização. Estas mudanças, entendidas muitas vezes como símbolos de progresso e “desenvolvimento”, modificam as características ambientais, deteriorando o clima e gerando efeitos indesejáveis à população citadina. Landsberg (2006) aponta os processos de urbanização e industrialização como os principais responsáveis pelo aumento no volume de chuvas, pela elevação das temperaturas e diminuição da umidade absoluta e relativa nas cidades em relação ao campo. Além de impactar na radiação solar, na visibilidade, na eletricidade atmosférica, na nebulosidade, no campo de vento, entre outros elementos caracterizadores do clima.

A cidade é o lugar de mais efetiva interação entre Homem e Natureza (MONTEIRO, 2015). A expansão urbana, as transformações ocorridas na massa edificada, às diversas funções urbanas, associadas ao hiato de elementos naturais nos ambientes citadinos, pode dotar à cidade uma capacidade de alterar as condições climáticas locais, atribuindo à mesma um clima urbano (MONTEIRO, 1990).

⁶ Tratam-se de fatores relacionados à estrutura e à dinâmica natural do sítio, como: hipsometria, orientação das vertentes, declividade, vegetação, hidrografia, dinâmica de ventos, entre outros.

No prisma geográfico, além das compreensões das diferenças de temperatura entre a cidade e o campo, torna-se fundamental investigar os processos geradores dos contrastes térmicos existentes no âmbito da própria cidade, visto que estes podem interferir de maneira negativa no conforto térmico e na qualidade de vida da população (AMORIM, 2010).

É importante salientar que nem toda mudança no comportamento dos elementos climáticos atrelada à construção da cidade é entendida como negativa. Em regiões polares, temperadas e desérticas, alterações intencionais geradas a partir de processos de planejamento e gestão urbana adequada podem proporcionar maior conforto à população, por exemplo, com a diminuição da velocidade do vento e elevação das temperaturas mínimas (ALCOFORADO, 1999).

Entretanto, em regiões tropicais, em especial no Brasil, o planejamento urbano é pautado quase que exclusivamente em premissas econômicas, desconsiderando as características sociais e ambientais nas quais a cidade está inserida. Este *modo operandi* de crescimento das cidades leva à queda da qualidade ambiental e gera impactos negativos à população, principalmente a que se encontra em situação de vulnerabilidade socioeconômica (JUNIOR; AMORIM, 2015).

A preocupação em se investigar o clima urbano, os impactos das ações humanas no clima local e as relações existentes entre o planejamento urbano e o comportamento dos elementos climáticos, inquieta e motiva pesquisadores desde a construção das cidades gregas e romanas. A partir da segunda metade do século XX, as transformações ocasionadas pelas atividades antrópicas e o despertar da problemática ambiental têm fomentado o interesse em estudos acerca do clima urbano, fazendo com que as pesquisas relacionadas a estas temáticas cresçam de maneira exponencial. A seguir, será realizada uma breve revisão bibliográfica, buscando abarcar estudos em diversas partes do mundo, assim como trabalhos realizados no Brasil e no estado do Espírito Santo.

Pesquisas no mundo

Na Grécia antiga, por volta de 500 a.C. o planejamento das cidades já levava em consideração as características climáticas (POTCHER, 1989). Em Roma, no início da era cristã, algumas regras foram estabelecidas para a construção das cidades, como por exemplo: estar localizada em colinas para evitar geadas e nevoeiros; atentar-se para a orientação das vertentes; direção das ruas em consonância com os ventos predominantes; entre outras. Porém, as investigações

sistemáticas sobre o clima urbano iniciam-se na segunda metade do século XIX, tendo como pioneiros os trabalhos de Luke Howard (Londres) e Émilien Renou (Paris) (ALCOFORADO, 1999). Segundo Landsberg (2006) e Chandler (1965), Howard (1833) com o texto clássico intitulado *The climate of London* (O clima de Londres) foi precursor em discutir os efeitos exercidos pela cidade no clima.

Inicialmente, os estudos de clima urbano eram realizados a partir da comparação entre estações fixas alocadas em ambientes urbanos e rurais. Posteriormente, os pesquisadores identificaram a falta de representatividade das estações fixas oficiais, uma vez que as mesmas retratavam o clima de determinado local (espaço aberto e sem obstáculos) e não do ambiente urbano como um todo. Assim, em 1927 Wilhem Schmidt em Viena e Peppler em Karlsruhe introduziram as coletas de temperatura itinerantes, a pé e de bicicleta em um primeiro momento, e em seguida com a utilização de automóveis (MORENO, 1993). A introdução desta técnica foi fundamental para melhorar o entendimento do comportamento e espacialidade da temperatura do ar nos ambientes urbanos (FIALHO, 2009).

Ainda na primeira metade do século XX, o autor alemão Kratzer (1937) edita o primeiro manual de climatologia urbana. Nele, o autor elenca uma série de modificações no comportamento dos elementos climáticos decorrentes do processo de urbanização e das atividades antrópicas (*apud* ALCOFORADO, 1999).

O fim da Segunda Guerra Mundial e o incremento do processo de industrialização no hemisfério Norte fomentaram diversas pesquisas a respeito do clima urbano, em especial na Europa, Estados Unidos e Japão. Neste período, os estudos eram dedicados à distribuição horizontal dos elementos climáticos, relacionando o comportamento da temperatura com os diferentes usos da terra, as dimensões das cidades, os tipos de tempo e influência no gradiente térmico vertical (ALCOFORADO, 1999).

Na segunda metade do século XX são publicados importantes estudos na área da climatologia urbana, servindo-nos de suporte teórico metodológico até os dias atuais. Dentre eles, destaca-se o texto clássico de Landsberg (1956) *O Clima das Cidades*. Em sua obra, o autor aponta os impactos negativos que a cidade exercia sobre o comportamento de alguns elementos do clima e sobre a poluição atmosférica na cidade de Londres (LANDSBERG, 2006).

Em 1970, o Simpósio internacional sobre climas urbanos promovido pela *World Meteorological Organization* (WMO) – Organização Mundial de Meteorologia (OMM) –

impulsiona as investigações acerca do clima urbano em diversas cidades do mundo (MARTINEZ, 2014) (Tabela 4).

Tabela 4 - Importantes estudos sobre ilha de calor em nível mundial entre as décadas de 1970 e 1980.

Continente	Cidade	Autor	Ano
Europa	Paris	Dettwiller	1970
	Plymouth	Millward	1976
	Glasgow	Hartley	1977
	Roma	Colacino	1978 – 1982
	Utrecht	Van Duk	1980
	Cracovia	Morawska e Cebulak	1981
	Viena	Bernhofer	1984
América do Norte	Nova York	Bornstein	1968 – 1972
	Montreal	Oke, East e Maxwell	1971 e 1975
	Cidade do México	Jáuregui	1973
América do Sul	Rio de Janeiro	Galego	1972
	São Paulo	Lombardo	1985
Ásia	Hiroshima	Shitara	1957
		Fukuoka e Nobuyuki	1980
	Tóquio	Kayane	1964
		Sakamura	1965
		Nishizawa	1979
	Delhi	Bakl e Padmanabharmurty	1979 e 1982
África	Nairobi	Okoola	1979

Fonte: Adaptado de Martinez (2014)

Londres é a cidade europeia com a maior quantidade de estudos relacionados ao clima urbano e a ilha de calor (MORENO, 1993). Desde o início do séc. XIX, com o pioneiro estudo de Luke Howard, os impactos da urbanização nos elementos climáticos da capital inglesa vêm sendo estudados (LANDSBERG, 2006).

Luke Howard (1833) investigou o clima londrino e identificou diferenças de temperatura entre o campo e a cidade. A partir da análise de temperaturas coletadas em três pontos fixos, dois situados na zona rural londrina e um na área urbanizada, o autor observou excesso de calor artificial na cidade em relação à área rural, especialmente no inverno e com maior rigor no período noturno. Segundo o autor, as fontes antropogênicas de calor e a morfologia urbana

são os principais fatores responsáveis pelo maior aquecimento urbano da cidade de Londres (HOWARD, 2007).

Chandler (1965) monitorou a temperatura e a umidade do ar em Londres. O autor constatou que as temperaturas do centro londrino eram até 2°C superiores em relação à sua circunvizinhança. Quanto à umidade, a cidade apresentou valores inferiores em comparação ao campo, especialmente no verão (CHANDLER, 1965).

Lee (1991) mensurou a umidade do ar ao longo de 10 anos na capital inglesa. Com dados coletados 4 vezes ao dia e em diferentes estações do ano, o autor observou que no período noturno a atmosfera urbana apresentou maiores valores de umidade em todos os meses pesquisados. No período diurno, a cidade apresentava-se, segundo o autor, mais úmida que o campo nos meses de inverno, primavera e outono. Já no verão, o campo manifestou valores diurnos de umidade maiores do que a cidade. Segundo o autor, os padrões sazonais e horários de diferença de umidade urbana e rural em Londres estão associados ao balanço energético e a geração de calor antropogênico (LEE, 1991).

Na porção mediterrânea do continente europeu, encontram-se diversos estudos esclarecedores sobre efeitos das brisas marinhas na amenização das temperaturas, na diminuição da intensidade das ilhas de calor e na variabilidade espacial da ilha de calor urbana.

Moreno (1993) ao estudar o comportamento da temperatura na cidade de Barcelona, demonstra a variabilidade espacial do núcleo mais aquecido da ilha de calor em relação a sazonalidade, além de identificar os efeitos da brisa marítima na amenização das temperaturas no período do verão espanhol. No mesmo ano, Lopez Gomes (1993) em sua investigação na região da Catalunha, adverte que as brisas marinhas podem modificar as características da ilha de calor.

Na costa valenciana, na cidade de Castelló, Quereda, Montón e Escrig (2007) apontam diferença de até 5,0°C entre as temperaturas registradas nas estações do centro urbano (mais quente) e do litoral (mais frio). Péres Cueva (2001) identificou que na cidade de Valência, os bairros mais próximos ao litoral tendem a ter temperaturas mais amenas, já nos bairros interiores, os obstáculos gerados pela morfologia urbana dificultam a entrada dos ventos marítimos, tornando-os mais aquecidos e desconfortáveis termicamente.

Na ilha de Ibiza, Pardo (2007) observou a influência dos ventos provenientes do Mar Mediterrâneo na amenização da temperatura atmosférica no período do verão. Segundo o autor, a atuação das brisas marítimas fez com que a intensidade da ilha de calor diminuísse em até 3,7°C.

Os estudos franceses a respeito da ilha de calor urbana nos trazem importantes contribuições para o entendimento dos fatores responsáveis pelo fenômeno.

Cantat (2004) utilizou dados de estações meteorológicas fixas para investigar a relação entre os diferentes tipos de tempo e a intensidade da ilha de calor urbana em Paris. Segundo o autor, em situação de céu claro e ventos fracos a ICU parisiense manifesta-se com maior intensidade. Já em dias de tempo instável, com nebulosidade e ventos fortes, a ilha de calor tende a ocorrer com menor intensidade.

Na Grande Dijon, Roux (2014), desenvolveu um estudo ao longo de um ano através de pontos fixos. Sua investigação demonstrou a existência de gradiente térmico entre as áreas urbanas e rurais periféricas, além de diferenças no ambiente da própria cidade. Observou-se que no verão a área de subúrbio apresentou temperaturas mais elevadas que o centro, fato atrelado à exposição das áreas abertas de subúrbio à radiação solar.

No nordeste da França, Leconte (2014) caracteriza a ilha de calor da cidade de Nancy a partir da realização de medidas móveis e da delimitação de Zonas Climáticas Locais. O autor observa que a região possui ilha de calor de fraca intensidade no período diurno. O maior gradiente térmico foi identificado entre o fim da tarde e até 3h após o pôr do sol. Depois deste período, o campo térmico esteve propenso à homogeneização.

Na Grande Lyon, Alonso (2017) realizou um estudo a partir de *transects*⁷ móveis, imagens termais de satélite e consultas à população. A pesquisa apontou gradiente térmico de até 5,0°C na área urbana. Segundo o autor, a redução da temperatura mostrou-se sensível a elementos de grande escala, como parques e rios por exemplo. Já as temperaturas mais elevadas foram detectadas nas áreas de maior concentração populacional e comercial. Ao comparar os dados obtidos pelas medidas móveis com o mapa termal de satélite, observou que a espacialidade das ilhas de calor e frescor urbanas foram semelhantes. Entretanto a intensidade da ilha de

⁷ Este trabalho utilizara a terminologia em inglês “transect” referindo-se à linha ou secção através de uma faixa de terreno, ao longo do qual são registradas e contabilizadas a ocorrência de elementos a serem estudados (transecto).

calor de superfície mostrou-se sempre mais elevada, assim como os valores máximos de temperatura.

Na América do Norte, Tin Oke estabeleceu relações entre o tamanho da população (OKE, 1973), a geometria dos vales urbanos, a intensidade dos ventos e o nível de obstrução do céu (OKE, 1981) com a espacialidade e intensidade das ilhas de calor. Além disto, elaborou o “perfil clássico da ilha de calor” (OKE, 1974), em que a área de maior intensidade térmica está relacionada com a área de maior atividade antrópica, e a temperatura decai no sentido da periferia e área rural. Outra importante contribuição de Tin Oke foi a delimitação das camadas atmosféricas (OKE, 1978), classificando-as em *urban canopy layer* (camada do dossel urbano) e *urban boundary layer* (camada limite urbana).

No Canadá diversos estudos relacionados ao fenômeno da ilha de calor vêm sendo desenvolvidos. Geguère (2009) reúne em uma vasta revisão bibliográfica os principais fatores responsáveis pelo aquecimento do ar nas cidades e os impactos da ação humana no clima local, mostrando como cada um deles interfere na formação da ilha de calor urbana.

Recentemente, o uso de imagens de satélite e da modelagem atmosférica vem sendo empregados no estudo do campo termal das cidades, especialmente nos grandes centros urbanos. Segundo Lucena (2013), estes métodos possuem a grande vantagem de explorar a espacialização dos elementos climáticos no ambiente urbano.

Fritz (1963) e Rao (1972), de acordo com Nascimento (2011) são tidos como percussores na aplicação do sensoriamento remoto na análise do clima urbano. O primeiro utilizou imagens do satélite TIROS II para analisar as oscilações da TST (Temperatura de Superfície Terrestre) ao longo do dia nos EUA. O autor concluiu que a TST teve uma variação substancialmente maior do que a temperatura atmosférica. Rao (1972), utilizando a banda termal do satélite TIROS (ITOS – I), mapeou a temperatura superficial das cidades ao longo da costa média do Atlântico.

Voogt e Oke (1997) desenvolveram o conceito de Temperatura de Superfície Urbana Completa – TSUC. Esta abordagem busca analisar o campo termal da superfície em caráter tridimensional, ou seja, agrega a temperatura estimada das superfícies horizontais e verticais.

Em Paris, Madelin, Bigot e Duché (2017) utilizaram imagens oriundas do satélite MODIS MYD11A1 para analisar a Ilha de Calor Urbana de Superfície no período noturno. Os autores

observaram temperaturas de superfície 6,0°C mais elevadas nas áreas densamente urbanizadas em relação às áreas agrícolas próximas.

A modelagem atmosférica tem sido realizada, especialmente, nos estudos do clima urbano de meso-escala. Hamdi e Schayes (2007) realizaram o acoplamento do modelo de Martilli *et al* (2002) ao Three-dimensional Vorticity-mode Model (TVM) para estudar a intensidade da ilha de calor urbana no período de verão sobre a cidade Suíça de Basel (MACIOTTO, 2008).

Pesquisas no Brasil

A partir da década de 1970 as pesquisas relacionadas ao clima urbano começam a ganhar força no Brasil. A edição da obra Teoria e Clima Urbano, desenvolvida por Monteiro no ano de 1976, proporcionou aos pesquisadores uma nova base teórica e conceitual para suas investigações, fazendo com que, juntamente com a conjuntura nacional e internacional de preocupação com os problemas ambientais, diversas cidades brasileiras, de grande, médio e pequeno porte, passassem a ter seus ambientes atmosféricos estudados.

Em São José dos Campos - SP, ao comparar os dados de temperatura e umidade de estações fixas instaladas em ambiente urbano e rural, Tarifa (1981) encontrou no meio urbano, valores mais elevados de temperatura e mais baixos de umidade relativa do ar. Sob atuação da Frente Polar Atlântica a temperatura da cidade foi 1°C superior ao campo, enquanto sob atuação do Sistema Polar Atlântico a diferença campo-cidade mostrou-se mais elevada, chegando a atingir 3,4°C. Quanto à umidade, a variação foi de 2% e 12% respectivamente.

Segundo Fialho (2009), Lombardo (1985) com sua obra intitulada “Ilha de Calor nas Metrópoles: o Exemplo da Cidade de São Paulo” e tida como pioneira no Brasil em utilizar imagens termais de satélite na investigação de ilha de calor. Em um de seus trabalhos mais recentes na capital paulista, a autora utilizou imagens do satélite Landsat 5 para relacionar a temperatura de superfície com os diferentes padrões de uso e ocupação do solo e com o índice de área foliar (IAF). Sua análise demonstrou que as ilhas de calor de maior intensidade estão associadas aos locais com menores índices de vegetação. Em relação ao padrão de uso e ocupação, as maiores temperaturas foram verificadas em áreas ocupadas por armazéns/indústrias, comércio e serviços, além do habitacional de alto, médio e baixo padrão (BARROS; LOMBARDO, 2016).

Na cidade de Londrina – PR, Mendonça (2015), baseado em sua tese de doutorado “O clima e o planejamento urbano de cidades de porte médio e pequeno: Proposição metodológica para o estudo e sua aplicação à cidade de Londrina- PR” identificou ilha de calor de caráter noturno com intensidade de até 10,0°C em condições de atmosfera estável. Em seu trabalho o autor propõe uma metodologia para subsidiar pesquisas em cidade de pequeno e médio porte, além de concluir que o clima urbano de Londrina está atrelado às atividades humanas regionais e locais, às atividades agrícolas, à urbanização e aos fatores de ordem geoecológica (MENDONÇA, 2015).

Em 1996, Brandão realizou sua pesquisa intitulada “O clima urbano da cidade do Rio de Janeiro” através da técnica de transects móveis (BRANDÃO, 2015). A autora constatou a existência de várias ilhas de calor dentro do ambiente urbano da capital fluminense, concluindo que a diversidade dos sítios, associado à intensidade das construções são os principais geradores de microclimas próprios. Sob atuação de sistemas atmosféricos anticiclônicos, as ilhas de calor mostraram-se com maior intensidade, especialmente nas medições realizadas à tarde à noite. Quando ocorreu instabilidade atmosférica na área estudada, a configuração da ilha de calor alterou-se completamente, manifestando-se fraca e moderada ao longo do dia, tendendo ao desaparecimento ao anoitecer (BRANDÃO, 2015).

Collischonn (1998) utilizou imagens termais de satélite, dados de estações meteorológicas e miniabrigos pontuais para analisar o campo térmico da Região Metropolitana de Porto Alegre. A autora buscou analisar as correspondências entre as temperaturas do ar e da superfície com os atributos geourbanos e geoecológicos da área de estudo. Os maiores contrastes térmicos de superfície foram encontrados entre os corpos d’água, áreas vegetadas e as vertentes sul, e os espaços mais urbanizados e com solo exposto. Em relação à temperatura do ar, a ação antrópica, associadas aos fatores naturais, como a orientação das vertentes, mostraram clara interferência no campo térmico atmosférico.

Amorim (2005) estudou a conformação do campo térmico da cidade de Presidente Prudente – SP. Sua análise pautou-se na realização de transects móveis noturnos com pontos de coleta abarcando distintas realidades urbanas. Em situação de atmosfera estável, foi possível observar elevação das temperaturas das áreas rurais e locais com baixo índice de adensamento urbano em direção aos bairros mais urbanizados. A amplitude térmica variou de 4,9°C a 9,6°C.

Viana (2006) analisou o comportamento da temperatura e da umidade relativa do ar na cidade de Teodoro Sampaio – SP em dias representativos de verão e inverno através de pontos fixos e transects móveis. Em sua pesquisa a autora concluiu que as áreas mais aquecidas estavam associadas a menores índices de vegetação e maior intensidade de construções, enquanto a área rural, com maior presença de vegetação, ruas sem pavimentação e baixa densidade de construções, apresentava as menores temperaturas. Segundo a autora, mesmo em se tratando de uma cidade de pequeno porte, Teodoro Sampaio já possui um clima específico resultante dos diferentes padrões de uso e ocupação da terra e das diversas funcionalidades urbanas existentes no município.

Fialho (2009) analisou uma cidade de pequeno porte localizada na Zona da Mata Mineira utilizando-se da técnica de transects móveis. Em um estudo compreendendo as estações de outono, inverno e verão, o autor concluiu que Viçosa-MG não caracteriza a existência de um clima urbano. No entanto, segundo o autor, sob certas condições atmosféricas apresenta ilha de calor, principalmente no período noturno. O maior gradiente térmico $4,7^{\circ}\text{C}$ foi observado no inverno sob atuação de sistema atmosférico anticiclônico e associado às áreas caracterizadas por elevado índice de urbanização.

Em Belo Horizonte - MG, Assis (2010) observou o comportamento termohigrométrico através do mapeamento de unidades climáticas urbanas e rurais. O autor utilizou dados históricos de estações oficiais e miniabrigos meteorológicos espalhados por diferentes realidades urbanas e identificou aquecimento do ar e queda da umidade relativa nos locais mais adensados. As áreas com maiores temperaturas apresentaram alto índice de adensamento urbano e impermeabilização superficial. Sob condição de atmosfera instável não foi possível observar a manifestação de ilha de calor.

Lima (2011) estudou o campo térmico urbano da cidade de Campo Grande – MT através das técnicas de sensoriamento remoto. O autor observou comportamentos distintos da temperatura da superfície em períodos secos e chuvosos. No primeiro, as temperaturas da área urbana e rural mostraram-se semelhantes, enquanto na estação chuvosa, a mancha urbana apresentou temperaturas $13,0^{\circ}\text{C}$ mais elevadas que a área rural.

Alves (2016) pesquisou o comportamento do campo térmico em uma cidade de pequeno porte. O autor abordou a influência dos fatores geourbanos e geoecológicos na configuração do clima da cidade de Iporá - GO. Sua análise mostrou grande influência do índice de

vegetação, da configuração do relevo e da sazonalidade na temperatura atmosférica e de superfície.

O estudo da atmosfera urbana no Brasil vem apresentando um desenvolvimento considerável e nos últimos anos tem havido um incremento desse tipo de pesquisa. Porém, a escassez de recursos destinados à pesquisa, a falta de mão de obra qualificada e a baixa densidade de postos meteorológicos aparecem como os principais entraves para o aumento do número de pesquisas e publicações. Muitos avanços metodológicos têm sido observados nos estudos do clima urbano, além da manutenção dos tradicionais. As multiplicidades de estudos de casos trazem à climatologia urbana desafios em busca de soluções para os graves problemas evidenciados (MENDONÇA, 2015).

Pesquisas no Espírito Santo

Descaremos a seguir alguns trabalhos associados aos estudos do clima urbano e da ilha de calor urbana no âmbito do Departamento de Geografia da Universidade Federal do Espírito Santo – UFES, tanto em nível de graduação quanto pós-graduação.

No âmbito da Universidade Federal do Espírito Santo – UFES os trabalhos relacionados à climatologia ainda estão em sua fase inicial. Destacaremos aqui alguns associados aos estudos do clima urbano e da ilha de calor urbana.

Costa (1992) ao estudar o clima dominante na cidade de Vitória – ES, identifica que sob condições específicas da atmosfera, a ação humana influencia os elementos climáticos gerando impactos negativos à população.

Coelho e Correa (2013) utilizaram do canal termal do *Landsat-8* na mensuração da TST no Município de Vitória. A pesquisa encontrou Ilhas de Calor de Superfície em quase todos os setores de uso classificado como Urbano/Indústria. Já as áreas de frescor estão localizadas nas áreas de Cobertura Vegetal, Corpo D'água e nos pontos onde se observa efeito de sombreamento do relevo. O gradiente térmico máximo observado foi de 6,0°C.

Correa (2014) analisou o comportamento sazonal do campo térmico e higrométrico da Regional Praia do Canto no município de Vitória – ES através da técnica de transects móveis. Sua pesquisa foi realizada em dois períodos distintos, verão e inverno. Os resultados demonstraram que as mudanças no padrão de uso e ocupação da terra, associada à conformação do sítio urbano, interferem no comportamento dos elementos climáticos em

escala local. Os maiores gradientes térmicos foram encontrados às 9h00min e às 15h00min, especialmente sob atuação da ASAS (Anticiclone Subtropical do Atlântico Sul). O autor observou grande influência da maritimidade e dos ventos de brisa na amenização das temperaturas costeiras.

Correa, Coelho e Vale (2015) buscaram analisar a influência dos diferentes tipos de tempo na temperatura de superfície no município de Vitória – ES. Para este levantamento os autores utilizaram duas imagens termais do satélite Landsat 5. Sob atuação da Frente Fria (FF) as temperaturas superficiais mostraram-se mais amenas, enquanto que sob atuação da ASAS os valores térmicos de superfície foram mais elevados, intensificando o fenômeno da ilha de calor e evidenciando a influência dos sistemas atmosféricos no campo térmico superficial.

Paula (2015) observou a influência das transformações ocorridas na cobertura da terra entre os anos de 1991 e 2011 na temperatura de superfície do município de Vitória - ES. Sua pesquisa foi realizada utilizando imagens do satélite Landsat 5 e fotografias aéreas. Os locais em que foram encontradas as maiores temperaturas nos dois anos analisados estiveram associados às classes Indústrias, Área Livre e Residencial Adensado. Entre o ano de 1991 e 2011 as mudanças no padrão de uso e ocupação do solo, associado ao adensamento urbano, repercutiram em elevação dos valores absolutos da temperatura de superfície e aumento do número e tamanho das ilhas de calor superficiais.

Oliveira (2015) investigou a influência da arborização na mitigação das ilhas de calor no município de Vila Velha – ES. Sua pesquisa foi realizada a partir de imagens termais de satélite e do mapeamento orbital da vegetação e das áreas construídas. Na maior parte das 16 imagens analisadas observam-se temperaturas superficiais mais elevadas nas áreas densamente urbanizadas, enquanto as temperaturas mais amenas foram identificadas nos locais cobertos por vegetação.

Jesus (2016) analisou o comportamento da temperatura de superfície terrestre do município de Cariacica – ES. A partir da análise de uma imagem termal de satélite do ano de 1985 (Landsat 5) e uma do ano de 2013 (Landsat 8), o autor avaliou os impactos das transformações no uso e cobertura da terra na temperatura superficial. Os intervalos mais quentes foram observados nas áreas classificadas como Malha Urbana e Pastagem/Solo Exposto, enquanto os locais com temperaturas mais amenas estiveram associados às classes de Cobertura Vegetal e Corpo d'água. A comparação entre as duas datas demonstrou crescimento dos intervalos de

temperatura mais elevados e diminuição dos intervalos mais amenos, mostrando que o crescimento da malha urbana de 1985 para 2013 gerou aquecimento da temperatura superficial no município de Cariacica-ES.

Os estudos de clima urbano e ilhas de calor no estado do Espírito Santo ainda estão em sua fase inicial, concentram-se nos municípios integrantes da Região Metropolitana da Grande Vitória. A maior parte das pesquisas emprega a análise de imagens termais de satélite e avaliação da ilha de calor de superfície como principais metodologias.

4. REFERENCIAL TEÓRICO E CONCEITUAL

4.1 Clima e escala

Na Grécia antiga afirmava-se que, quando o tamanho muda, as coisas mudam (CASTRO, 2000). Este enunciado foi reafirmado por Lacoste (1976) em sua obra *“La Géographie, Ca sert d’abord, pour faire la guerre”*. Em seu livro, o autor explicita que os fenômenos se manifestam qualitativamente e quantitativamente de maneiras diferentes em virtude do tamanho das superfícies (CASTRO, 2000).

De fato, os fenômenos meteorológicos e o comportamento dos elementos climáticos observados em uma praça, podem ser díspares aos manifestados em um bairro ou uma cidade. No entanto, a hierarquização e a definição taxonômica das escalas do clima urbano não se limitam à extensão do terreno analisado, uma vez que, para a climatologia, a cada escala horizontal, ou seja, área de abrangência da superfície, há uma escala vertical na qual os processos e dinâmicas dos elementos climáticos irão se manifestar.

A complexidade dos fenômenos meteorológicos são, por natureza, contínuos e indivisíveis. Assim, qualquer fragmentação da atmosfera imporá limites arbitrários e artificiais (ASSIS 2010). Porém, como apontado por Castro (2000), tão importante quanto saber que quando o tamanho muda as coisas mudam, é identificar como mudam e por que mudam. Para obtermos estas respostas, a análise climática necessita de categorias espaciais discretas, que visem, especialmente, facilitar o entendimento e mapeamento dos processos que ocorrem entre a superfície e a atmosfera (ASSIS, op. cit). Uma vez que todo fenômeno possui uma escala mais apropriada para dimensioná-lo, mensurá-lo, observá-lo e analisá-lo (CASTRO, 2000).

Na busca por uma dimensão escalar na qual se possa observar e analisar os fenômenos climáticos de maneira mais adequada encontrou-se na literatura diversas terminologias, como:

macroclima, mesoclima, topoclima, microclima, clima regional, clima local, entre outros (ASSIS, 2010).

Oke (1981) propõe uma divisão vertical da atmosfera em duas escalas principais: *urban canopy layer* – UCL – (camada do dossel urbano), que se estende desde a superfície até o nível médio das edificações; e *urban boundary layer* – UBL – (camada limite urbana), que se estende do nível médio dos telhados até o limite da influência da cidade na atmosfera. (Figura 8)

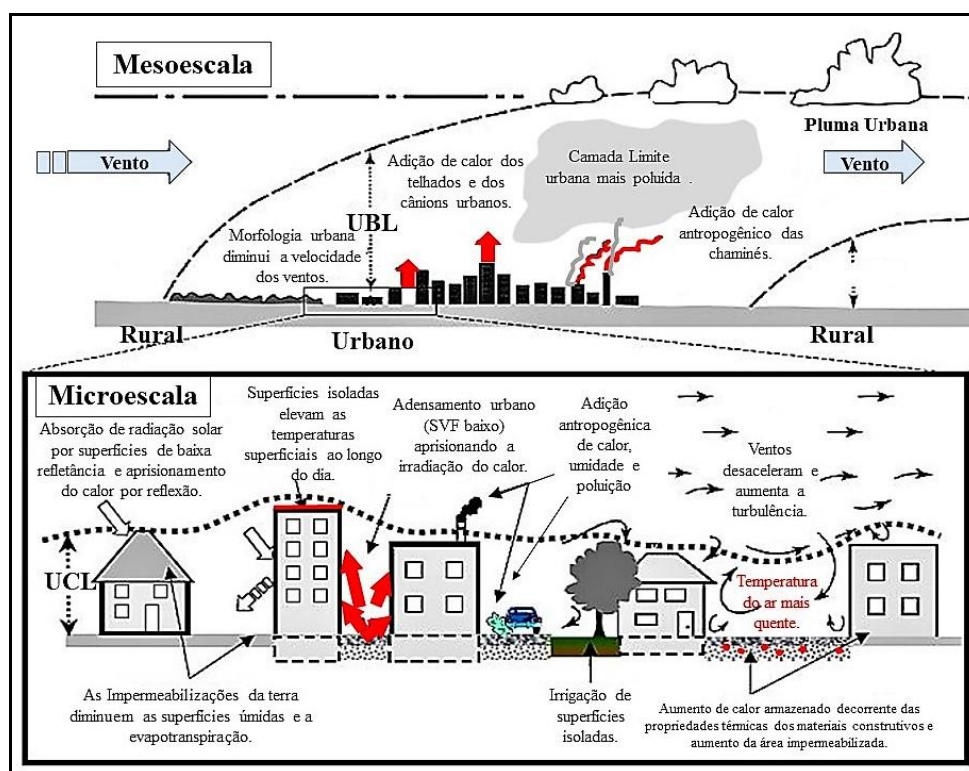


Figura 8 - Estratificação vertical da atmosfera urbana proposta por Oke (1981) e os processos de formação da ilha de calor.

Fonte: Adaptado de EPA (2017)

Em relação às escalas do clima urbano, Oke (2003) as dividiu em três: mesoescala, escala local e microescala (Figura 9). A escala mesoclimática equivale ao clima regional. Esta é associada principalmente à topografia e a latitude, além de sofrer influência das massas térmicas. Seu estudo é realizado a partir de estações meteorológicas que descrevem o clima de forma genérica.

A escala local está associada ao clima local. Nesta grandeza o estudo é realizado por meio de normais climatológicas elaboradas a partir de estações meteorológicas oficiais locais. A microescala considera que cada objeto ou superfície possui seu próprio microclima. Nesta

escala a temperatura pode apresentar grande variação em um curto período de tempo ou espaço, e o comportamento dos elementos climáticos estão associados às características do entorno, muito mais que pelos fatores locais. Segundo Lucena (2013), conforme a escala de detalhe se amplia mais complexa torna-se a análise e compreensão dos processos formadores das ilhas de calor.

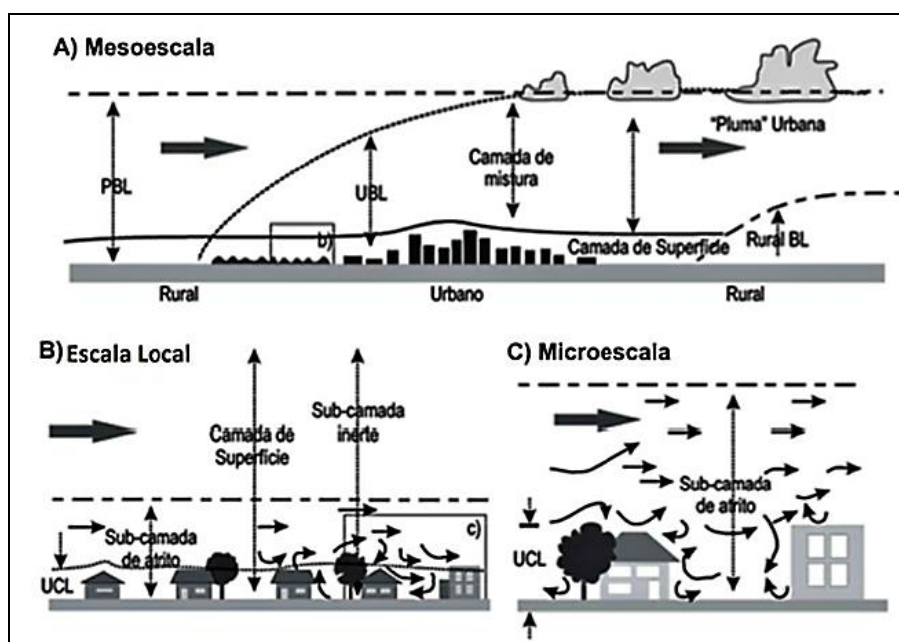


Figura 9 - Esquema de escalas do clima segundo Oke (2006).

Fonte: Oke (2006)

A partir da sistematização da hierarquia taxonômica das paisagens geomorfológicas de Cailleux e Tricart (1956), Monteiro (2015) elaborou um quadro didático com o intuito de demonstrar as relações taxonômicas das unidades climáticas. Em sua categorização, o autor as relaciona com as ordens de grandeza, com as unidades de urbanização e as estratégias de abordagem. (Tabela 5)

Tabela 5 - Categorias taxonômicas da organização geográfica do clima e suas articulações com o clima urbano.

Ordens de grandeza (Cailleux e Tricart)	Escala de Tratamento	Espaços climáticos	Espaços urbanos	Estratégia de abordagem		
				Meios de Observação	Fatores de Organização	Técnicas de análise
II	1:45.000.000 1:10.000.000	Zonal	-	Satélites / Nefanálises	Latitude / Centros de Ação Atmosférica	Caracterização Geral Comparativa
III	1:5.000.000 1:2.000.000	Regional	-	Cartas Sinóticas / Sondagens Aerológicas	Sistemas Meteorológicos (Circulação Secundária)	Redes Transectos
IV	1:1.000.000 1:500.000	Sub-Regional	Megalópole / Grande área	Rede Meteorológica	Fatores Geográficos	Mapeamento Sistemático

		(Fácies)	Metropolitana	de Superfície		
V	1:250.000 1:100.000	Local	Área Metropolitana / Metrôpole	Posto Meteorológico / Rede Complementar	Interação Geológica / Ação Antrópica	Análise Espacial
VI	1:50.000 1:25.000	Mesoclima	Cidade Grande / Bairro ou Subúrbio de Metrôpole	Registros Móveis (Episódicos)	Urbanismo	Especiais
VII	1:10.000 1:5.000	Topoclima	Pequena Cidade / Fácies de bairro ou de Subúrbio de cidade	Detalhe	Arquitetura	
VIII	1:2.000	Microclima	Grande Edificação / Habitação / Setor de Habitação	Baterias de Instrumentos Especiais	Habitação	

Fonte: Monteiro (2015, p. 29)

Sem estabelecer limites rígidos, mas buscando definir de maneira mais clara e precisa as dimensões para cada uma das categorias de análise climática, Mendonça e Dani-Oliveira (2007), Fialho (2009) e Assis (2010), as caracterizam da seguinte forma:

- **Macroclima:** é a maior das unidades climáticas. Compreende os estudos de superfícies muito extensas, das células de circulação geral da atmosfera e dos sistemas atmosféricos de larga escala. As feições horizontais ultrapassam 20.000 metros, abrangendo frequentemente áreas continentais. Verticalmente podem atingir mais de 20.000 metros.
- **Mesoclima:** corresponde a influência da cidade, compreendendo vários climas locais. Sua estrutura vertical atinge a *Urban Bondary Layer* (camada limite urbana). São considerados efeitos de mesoescala os fenômenos extra-urbanos, como os sistemas de brisas, as barreiras topográficas, as linhas de instabilidades locais, etc. Apresenta dimensão espacial iguais ou superiores à própria cidade. Horizontalmente pode variar de 100m a 20.000m e verticalmente pode atingir até 6.000m.
- **Clima Local/Topoclima:** representa regiões com características microclimáticas semelhantes no interior da própria cidade. Essa organização pode corresponder a um tipo específico de uso e ocupação do tecido urbano, ou a condições topográficas específicas. Sua estrutura horizontal varia de 100m a 10.000m e verticalmente pode chegar aos 1.000 metros de altitude.

- **Microclima:** Representa as condições atmosféricas associadas à influência direta de elementos urbanos individuais e de seus arranjos primários (ruas, pequenos jardins, edifícios, etc.), limitando-se à *Urban Canopy Layer* (camada do dossel urbano), suas estruturas verticais e horizontais variam de 1m a 100 m, respectivamente.

Percebe-se que os esforços para o enquadramento taxonômico dos fenômenos e definições escalares dos processos são complexos, tanto para a climatologia quanto para outras áreas do conhecimento. O alto grau de subjetividade e generalização empregado nos métodos de hierarquização e classificação é apontado com um dos principais complicadores deste processo (ASSIS, 2010). Apesar da grande discussão acerca da classificação das escalas de análise climática, infelizmente não existe uma categorização definitiva capaz de gerar consenso entre os autores (FIALHO, 2009).

Observando a nossa área de estudo a luz dos autores citados acima, entendemos que a adoção da nomenclatura “Clima Local”, de acordo com Fialho (2009) e “Mesoclima” conforme Monteiro (2015) sejam as mais adequadas para nossa análise climática. Não deixando, porém, de levarmos em consideração todos os processos presentes nas outras escalas climatológicas e suas interações.

4.2 Clima Urbano

O clima urbano, segundo Monteiro (2015) é entendido como “um sistema que abrange o clima de dado espaço terrestre e sua urbanização”. O núcleo do S.C.U. é o espaço urbanizado, e este mantém íntima relação com o ambiente através das trocas de energia. O homem possui papel fundamental uma vez que suas ações se refletem tanto na transformação da energia proveniente do ambiente, quanto na entrada de matéria e energia que podem retornar à própria cidade.

O entendimento da relação entre o comportamento do clima e o processo de urbanização demanda uma abordagem sistêmica. Monteiro (1990) aponta que os estudos acerca do clima urbano requerem tanto uma acurada investigação da tipologia do sítio no qual a cidade está inserida, quanto da morfologia urbana e do seu vasto leque de processos e funções. Além disto, é importante que o pesquisador se atente às variadas escalas geográficas do clima, uma vez que os fatores controladores variam de acordo com as mesmas.

O clima local (urbano) está inserido em climas sub-regionais e sazonais, assim como pode ser compartimentado em microclimas (setores da cidade, bairros, ruas, etc.) (MONTEIRO, 2015). Assis (2010) apresenta um fluxograma representativo do Sistema Clima Urbano (Figura 10). Nele podemos observar as relações e as trocas de energia entre as diferentes escalas no Sistema.

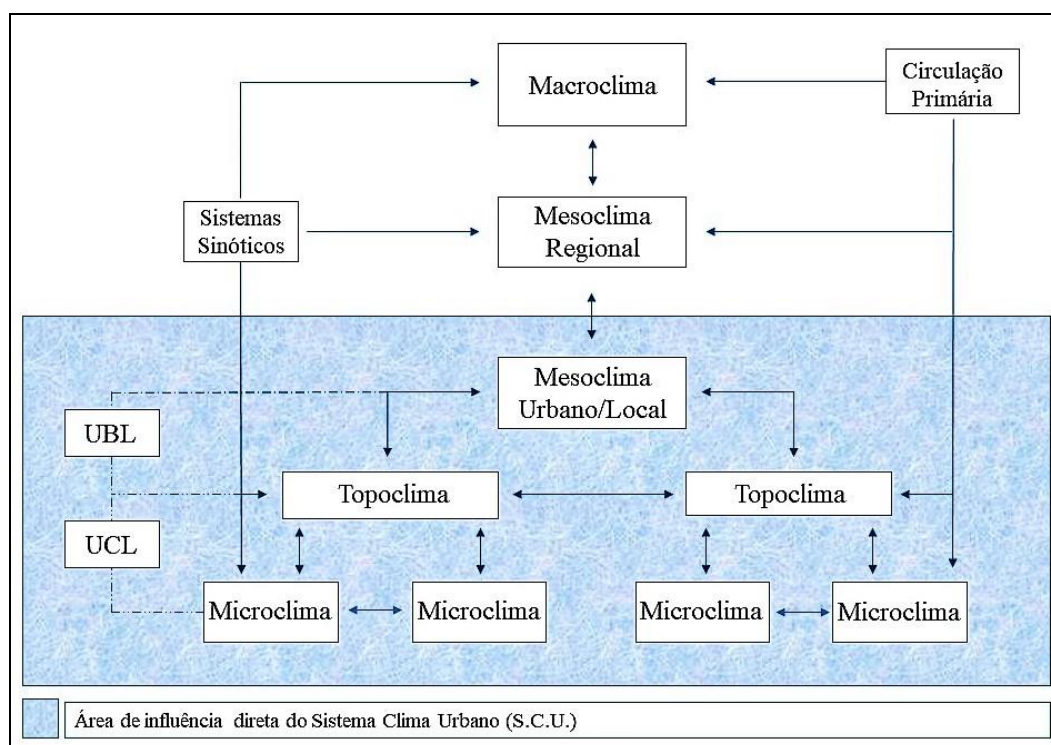


Figura 10 - Hierarquia funcional simplificada do Sistema Clima Urbano (S.C.U.).

Fonte: Adaptado de Assis (2010)

Contudo, percebe-se que a análise do clima urbano é complexa. Além de sofrer influência de condicionantes de meso e macro escala, os elementos do clima na cidade, especialmente a temperatura e a umidade, sofrem interferência de diversos fatores, sejam eles naturais ou resultantes de intervenções antrópicas. Dentre eles, destacam-se: o sítio no qual a cidade está inserida; a estrutura e a funcionalidade urbana; a cobertura da terra; o adensamento populacional; a disposição das construções e o albedo dos materiais utilizados. Segundo Monteiro (2015), a interpretação do S.C.U. pressupõe compreender as entradas, saídas, transformações e retroalimentação de energia no sistema, a partir de uma íntima conexão entre as partes da estrutura interna do Sistema Clima Urbano.

Para a compreensão da singularidade do clima citadino, Monteiro (2015) aponta que o S.C.U. é composto da articulação de três subsistemas, ou canais de percepção, sendo eles: Canal I, Termodinâmico, que se refere ao conforto térmico e se expressa através do calor, ventilação e

umidade; Canal II, Físico-químico, que se refere à qualidade do ar, um dos aspectos mais decisivos na qualidade ambiental urbana; Canal III, Hidrometeorológico que se refere aos impactos meteorológicos hídricos, mecânicos e elétricos. Segundo o autor, a definição dos subsistemas é um artifício visando a comodidade na análise, uma vez que não seria possível de fazê-la diretamente ao todo. Porém, Monteiro (2015) chama a atenção para a impossibilidade de dissociar completamente os três canais, tanto em sua essência atmosférica, quanto na percepção do homem no meio urbano (Tabela 6).

Tabela 6 - Sistema Clima Urbano (S.C.U.) - Articulação dos sistemas segundo os canais de percepção.

Subsistemas Canais / Caracterização	I Termodinâmico (Conforto Térmico)	II Físico Químico (Qualidade do Ar)	III Hidrometeorológico (Impacto Meteorológico)
Fonte	Atmosfera Radiação Circulação horizontal	Atividade urbana Veículos automotores Indústrias obras-limpas	Atmosfera Estados especiais (desvios rítmicos)
Trânsito no Sistema	Intercâmbio de operador e operando	De operador ao operando	De operador ao operando
Mecanismo de Ação	Transformação no sistema	Difusão através do sistema	Concentração no sistema
Projeção	Interação Núcleo Ambiente	Do núcleo ao ambiente	Do ambiente ao núcleo
Desenvolvimento	Contínuo (permanente)	Cumulativo (renovável)	Episódio (eventual)
Observação	Meteorológica especial (tipos de tempo)	Sanitária e meteorológica especial	Meteorológica hidrológica (tipos de tempo)
Correlações disciplinares tecnológicas	Bioclimatologia Arquitetura e Urbanismo	Engenharia sanitária	Engenharia sanitária e infraestrutura urbana
Produtos	Ilhas de Calor Ventilação Aumento da precipitação	Poluição do ar	Ataque à integridade urbana
Efeitos diretos	Desconforto e redução do desempenho humano	Problemas sanitários Doenças respiratórias, oftalmológicas, etc.	Problemas de circulação e comunicação urbana
Reciclagem adaptativa	Controle de uso do solo Tecnologia de conforto habitacional	Vigilância e controle dos agentes poluentes	Aperfeiçoamento da infraestrutura urbana e regularização fluvial. Uso do solo
Responsabilidade	Natureza e Homem	Homem	Natureza

Fonte: Monteiro (2015, p. 46)

O presente trabalho será pautado na análise do sistema termodinâmico, mais especificamente, as características de temperatura. Esse subsistema caracteriza-se como o “nível fundamental de resolução climática para onde convergem e se associam todas as outras componentes”

(MONTEIRO, 2015). Tal sistema apresenta como principal produto, as ilhas de calor. (NASCIMENTO E BARROS, 2009; FIALHO, 2012; LUCENA, 2013).

4.3 Ilha de Calor

O termo ilha de calor urbana foi cunhado em meados do século XX por Gordon Manley⁸ para descrever o gradiente térmico entre a cidade e o meio rural (GARCIA e PARDO, 2016). No entanto, esse conceito se aplica tanto no contexto intra-urbano, ou seja, quando o gradiente térmico é verificado dentro do limite territorial urbano, quanto nos estudos em que as investigações são realizadas a partir da comparação de dados térmicos obtidos no interior da cidade com estações de referência no meio rural (inter-urbano). (MOURA *et al* 2008)

A ilha de calor urbana (ICU), do inglês *urban heat island (UHI)*, refere-se ao aumento da temperatura do ar, da superfície ou da subsuperfície das áreas urbanas em relação ao arredor. Neste sentido, a ilha de calor se manifesta a partir da diferença térmica entre dois ambientes com características de uso e ocupação da terra distinta (VOOGT, 2002).

O termo ilha de calor é frequentemente usado como definidor do clima urbano, porém, como apresenta Jardim (2007, p. 307):

“... a “ilha de calor” não representa a realidade do clima urbano, mas um de seus aspectos, traduzida por uma situação momentânea ou horária, motivada pela convergência pontual de fatores ligados às características de conformação do relevo, disposição dos equipamentos e dinâmica urbanos, sob a influência de determinados tipos de tempos, associados aos sistemas atmosféricos em dado estágio de sua evolução temporal”.

Fialho (2009) aponta que o termo ilha de calor, apesar de amplamente utilizado, carrega consigo inúmeras incertezas. Não está claro na literatura em que momento ou qual é a diferença de temperatura do ar suficiente para se definir a existência do fenômeno em questão. Além disso, não é qualquer diferença térmica entre dois pontos que caracteriza a existência de uma ilha de calor. Ao se comparar duas áreas com as mesmas características de uso da terra, porém em vertentes com orientação distintas, estas apresentariam diferenças térmicas, mas não caracterizaria a existência de uma ilha de calor, uma vez que o fator responsável pela diferenciação na temperatura está relacionado à orientação das encostas, neste caso, Fialho (2012) entende que a nomenclatura mais adequada seria *núcleo de calor*.

⁸ Gordon Manley. **On the Frequency of Snowfall** in Metropolitan England. Quarterly Journal of the Royal Meteorological Society, 84: 70-72, (1958)

A formação da ilha de calor, assim como sua intensidade, está atrelada a uma série de fatores. Além dos de ordem natural (ou geoecológicos) como, por exemplo, a localização geográfica, a configuração do relevo, a orientação das vertentes e as condições sinóticas, existem também os de caráter antrópico (ou geourbanos), destacando-se as propriedades térmicas dos materiais construtivos das cidades; a produção de calor antropogênico; a ausência de cobertura vegetal e intensiva impermeabilização da superfície urbana; a geometria urbana, que acarreta diminuição da velocidade do vento e aumento da absorção da radiação solar; o adensamento urbano e a presença de partículas de poluentes que dificultam a perda de calor durante a noite (GIGUÈRE, 2009; MARTINEZ, 2014).

Os ventos atuam como importantes controladores atmosféricos da ilha de calor. Segundo Lucena (2013), a ilha de calor se evidencia de maneira mais intensa quando os ventos de escala sinótica são fracos, uma vez que ventos fortes podem misturar o ar da cidade com o ar das áreas rurais, diminuindo o contraste térmico entre os dois ambientes.

Além dos ventos sinóticos, o movimento do ar em escala local é particularmente importante no contexto da ICU. As brisas geradas a partir da diferença térmica entre ambientes distintos, como por exemplo, o meio urbano e rural ou entre o litoral e o continente, assim como o movimento do ar entre parques e ruas ou até mesmo interior de uma mesma rua, influenciam no ritmo de aquecimento e resfriamento dos ambientes urbanos (VALETTE; COURDEAU, 2010).

Como podemos perceber, a formação e a intensidade da Ilha de Calor Urbana é resultado da conjunção de um variado leque de fatores, processos e dinâmicas de ordem natural e antrópica. A fim de tentar sintetizar os parâmetros responsáveis pela anomalia térmica da ICU, foi elaborada a figura 11.

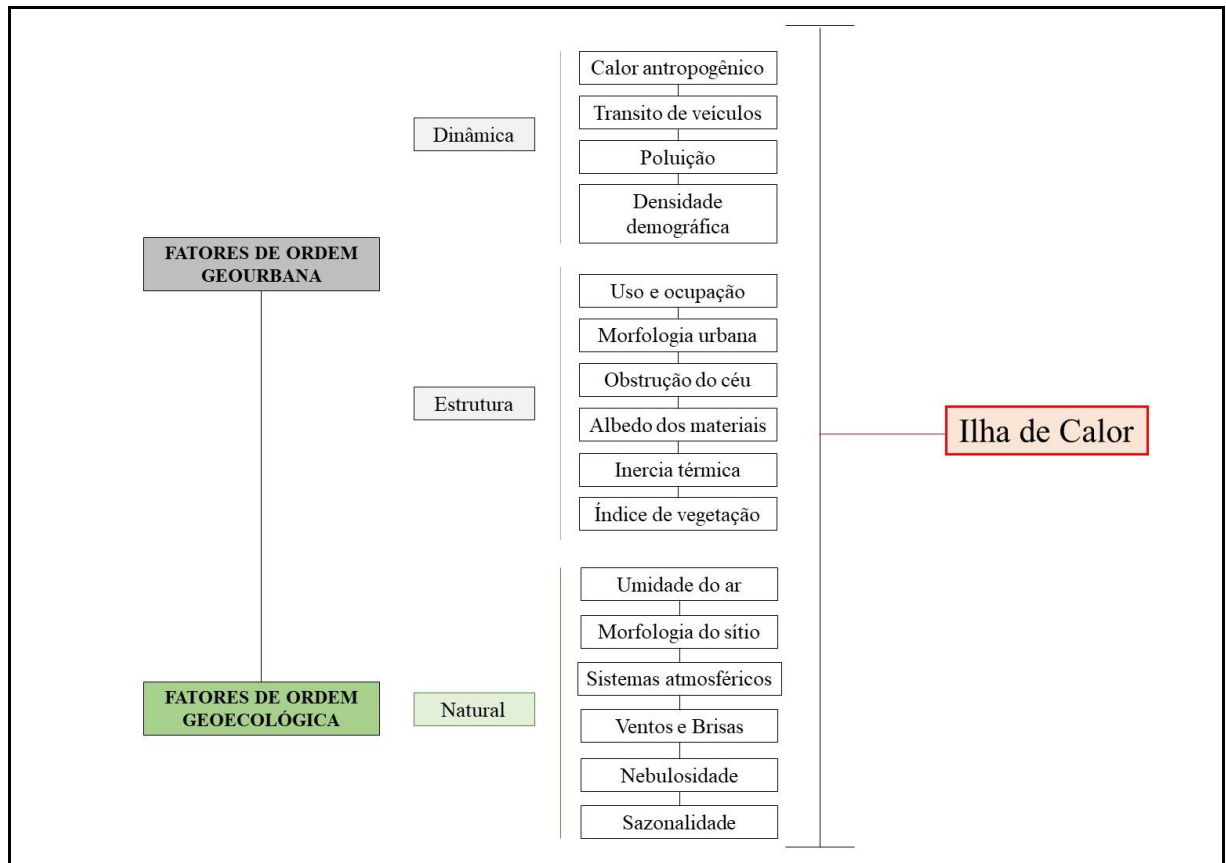


Figura 11 - Fatores Geourbanos e Geoecológicos responsáveis pela formação da ICU.

Fonte: Wemerson Diascanio Oliveira

O surgimento de novas formas de observação da ilha de calor, tais como: registradores contínuos de temperatura do ar e umidade relativa, balões meteorológicos e imagens de satélite nos permitem novas perspectivas e abordagens em relação às causas e estrutura espacial da ilha de calor (FIALHO, 2009). Neste sentido, concordando com Giguère (2009) Fialho (2009; 2012), este trabalho assume a existência de três tipos de ilhas de calor (Figura 12): a ilha de calor atmosférica, a ilha de calor vertical e a ilha de calor de superfície.

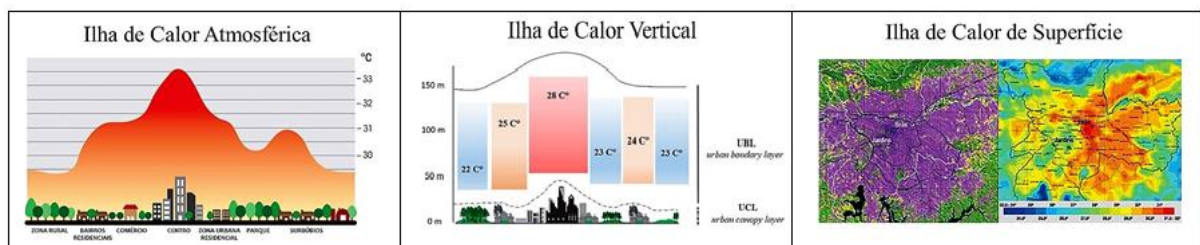


Figura 12 - Tipos de ilhas de calor.

Fonte: Wemerson Diascanio Oliveira

4.3.1 Ilha de Calor Atmosférica – ICA

A ilha de calor atmosférica denuncia o aumento da temperatura do ar na camada basal da atmosfera decorrente dos diferentes usos e coberturas da terra quando se comparado ambientes urbanos e rurais (FIALHO, 2009).

Em geral, as pesquisas relacionadas ao fenômeno em questão apontam para seu caráter noturno, com máxima intensidade ocorrendo entre 3 a 5 horas após o pôr do sol. Porém, alguns estudos identificaram a intensidade máxima da ilha de calor atmosférica no período diurno, como por exemplo, a pesquisa de Amorim (2000). Estas diferenças nos horários de pico da ilha de calor podem estar associadas aos fatores geoecológicos, como a morfologia do sítio urbano e a orientação das vertentes nas quais a cidade está assentada (FIALHO, 2009), além da quantidade de radiação solar recebida de acordo com as estações do ano (ANQUEZ; HERLEM, 2011).

Em relação a sazonalidade, Fialho (2009), aponta que é mais evidente a ocorrência da ilha de calor atmosférica na estação seca (inverno), uma vez que a menor quantidade de vapor de água presente na atmosfera aumenta a velocidade de perda de energia irradiada da superfície. Porém, o autor chama atenção para o fato do fenômeno não ocorrer exclusivamente nesta estação, mas também em outras épocas do ano.

No hemisfério Norte, especialmente nas latitudes mais elevadas, a ilha de calor comumente se manifesta com maior intensidade no período do verão. Na cidade de Quebec, por exemplo, o grande número de horas de incidência de sol no mês de julho faz desde o mês mais propício à formação da ICU (ANQUEZ; AVRIL, 2011).

A intensidade das ilhas de calor atmosféricas varia de acordo com as características geourbanas e geológicas da área a ser estudada, além de sofrer influência dos sistemas sinóticos atuantes e de suas repercussões na atmosfera. A fim de classificar o gradiente térmico da ICA, Fernández Garcia (1996) propôs a seguinte divisão:

Tabela 7 - Classificação das ilhas de calor atmosféricas segundo as suas intensidades.

Magnitude da ICU	Diferença Térmica
Fraca Magnitude	0°C a 2°C
Média Magnitude	2°C a 4°C
Forte Magnitude	4°C a 6°C
Muito Forte Magnitude	<6°C

Fonte: Garcia (1996)

Para a investigação da ilha de calor, Monteiro (1990) aponta ser fundamental o conhecimento das características do sítio no qual a cidade está assentada, uma vez que, segundo Geiger (1980), a morfologia exerce forte influência nas características térmicas das cidades. Áreas urbanas localizadas em fundos de vale, por exemplo, tendem a acumular ar frio no período noturno, rebaixando as temperaturas. E as superfícies inclinadas recebem mais calor do que as superfícies horizontais, gerando o que o autor chama de “clima das encostas ou clima das exposições”. Em relação a orientação das encostas, Mendonça (2015) aponta que, no caso do hemisfério sul, as vertentes orientadas para norte, nordeste, noroeste, oeste e leste tendem a receber mais calor que as vertentes voltadas para as outras direções.

Além dos fatores de ordem natural, o crescimento e adensamento urbano, associado aos materiais construtivos das cidades alteram o ritmo de aquecimento e resfriamento da superfície (FIALHO, 2009). Assim, ao analisar a distribuição do calor em um perfil urbano-rural pode-se perceber a variabilidade da temperatura do ar relacionada ao tipo de cobertura da terra e ao grau de adensamento urbano (Figura 13).

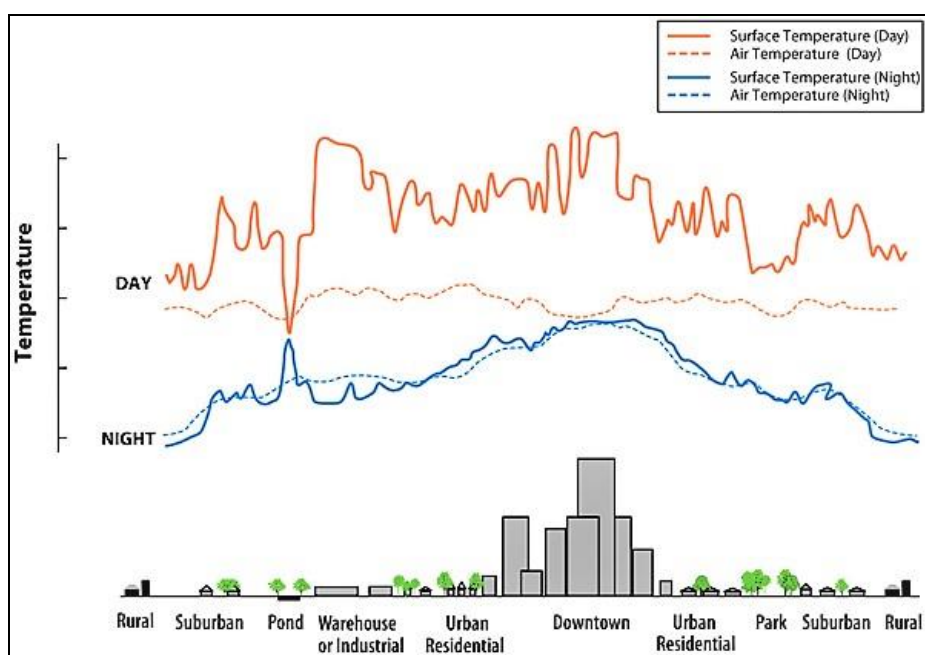


Figura 13 - Variabilidade espacial da ilha de calor atmosférica.

Fonte: EPA (2017)

O processo de investigação da ilha de calor atmosférica é realizado a partir da determinação da diferença térmica entre ambientes com padrões de uso e ocupação da terra distintos, usualmente, ambientes urbanos e rurais. Para isto, normalmente são utilizados dois métodos de coletadas de dados: os pontos fixos e o *transect* móvel (FIALHO, 2009).

Os estudos utilizando pontos fixos de coleta de dados podem ser realizados a partir de estações meteorológicas padrão instaladas em ambientes que, no passado eram rurais, mas que com o crescimento das cidades foram incorporadas pela urbanização, como no caso do estudo de Lucena (2012) para a Região Metropolitana do Rio de Janeiro. Ou então com a utilização de dados meteorológicos de estações fixas instaladas em dois ou mais pontos da superfície, abarcando tipos de usos da terra distintos, como nas observações realizadas por Amorim (2010), Assis (2012), Roux (2014), Alves (2016) e Madelin *et al* (2017).

Os *transects* móveis permitem ao pesquisador ampliar os pontos de observação dentro da mancha urbana, e podem ser realizados utilizando veículos automotores, bicicleta e até helicópteros (FIALHO, 2009). Este método de coleta de dados é bastante utilizado em situações em que não há uma rede de monitoramento fixa implantada, ou que a instalação, mesmo que temporária, seja inviável. Importantes estudos se ampararam neste procedimento, como: Charabi (2000), Fialho (2009), Amorim *et al* (2009), Martínez (2014), Leconte (2014), Saraiva (2014), Mendonça (2015), Correa e Vale (2016) e Alonso (2017).

Fialho (2009) aponta que os dois principais procedimentos utilizados na coleta de dados, os pontos fixos e os *transects* móveis, apresentam vantagens e desvantagens (Tabela 8). Não havendo, segundo o autor, superioridade de um método em detrimento ao outro, mas sim, complementariedade.

Tabela 8 - Vantagens e desvantagens no processo de mensuração por meio dos pontos fixos e móveis.

Pontos Fixos		Transects Móveis	
Vantagens	Desvantagens	Vantagens	Desvantagens
Permite observações simultâneas.	Dificuldade em definir pontos representativos.	Descreve melhor a heterogeneidade do meio urbano.	Refazer o percurso, algumas vezes com o intuito de criar maior confiabilidade.
			Não é apropriado para grandes distâncias.
Favorece o registro temporal da ilha de calor.	Custo operacional e logístico.	Aumenta o número de pontos de coleta dentro da área de estudo.	Restrito apenas a estradas de rodagem
	Preparar equipes para o registro dos parâmetros e compatibilizar horários de leituras	Permite uma maior agilidade no processo de monitoramento	Dificuldade de definir pontos representativos
			Não mensuração dos elementos do clima.

Fonte: Fialho (2009)

4.3.2 Ilha de Calor Vertical – ICV

Segundo o modelo proposto por Oke (1981), a atmosfera da cidade é dividida em duas camadas principais: a *urban canopy layer* – UCL - (camada do dossel urbana); e *urban boundary layer* – UBL - (camada limite urbana). (Figuras 8 e 9)

A UCL representa a camada inferior da atmosfera urbana, se estendendo desde o solo até o nível médio das edificações. A *urban canopy layer* é produzida através de processos de microescala, compreendendo o volume de ar entres os edifícios. Suas características são fortemente afetadas pelas condições do entorno.

A *urban boundary layer* (UBL) corresponde à área de influência da cidade na atmosfera acima da UCL. A camada limite urbana é caracterizada a partir da natureza da superfície urbana. Ambientes que apresentam elevado grau de rugosidade, proporcionado pela presença de prédios relativamente altos, reduzem a velocidade do vento e aumentam sua turbulência.

Em cidades de pequeno porte, a espacialidade da UBL e da UCL podem se manifestar de maneira diferente ao modelo proposto por Oke (1981), uma vez que, por não possuírem grandes áreas de periferia e subúrbio, podem não formar ambientes de transição entre o urbano e o rural (MENDONÇA, 2015).

A ilha de calor vertical resulta da interação da UCL com a UBL. O calor irradiado pelas superfícies dos telhados e gerado pelas atividades antrópicas na camada de cobertura urbana é transportado para a camada limite urbana através das células de convecção (ORTIZ PORAPANGA, 2015). Assim, podemos entender que a camada limite urbana – UBL apresenta perfil vertical térmico diferente em áreas urbanas e rurais, resultante do fluxo de calor sensível gerado na UCL e das condições do tempo (FIALHO, 2012). (Figura 14)

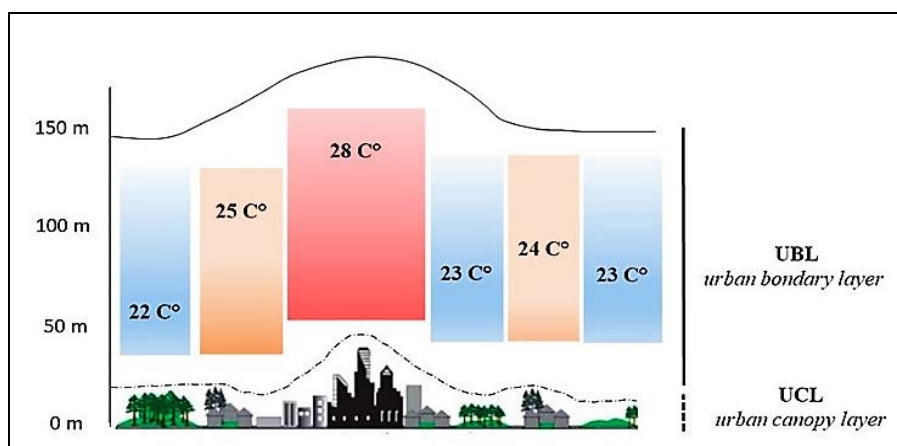


Figura 14 - Perfil esquemático da ilha de calor vertical.

Fonte: Wemerson Diascanio Oliveira

4.3.3 Ilha de Calor de Superfície – ICS

Atualmente têm-se adotado a categoria ilha de calor urbana de superfície, do inglês *Surface Urban Heat Island* – SUHI, para se referir ao gradiente térmico superficial derivado da termografia infravermelha das cidades obtida através de sensores remotos (VOOGT E OKE, 2003). Segundo a Lei de Plank, quanto maior a temperatura para um dado comprimento de onda, maior será a radiação eletromagnética emitida por um corpo negro. Neste sentido, um sensor, ao captar a emissividade de um alvo, pode determinar sua temperatura (BARROS E LOMBARDO, 2016).

O desenvolvimento de satélites com alta resolução espacial tem permitido o uso do sensoriamento remoto no estudo do campo térmico e na investigação de ilhas de calor urbanas em cidades de pequeno, médio e grande porte. De acordo com Oke (2003), a utilização das imagens termais de satélite permite compreender as condições de temperatura no contexto de toda a cidade, além de possibilitar a identificação das causas da ilha de calor e suas combinações com os arranjos urbanos.

Reconhecendo que a superfície e a atmosfera possuem estreita ligação, e que o ar da última, especialmente em sua camada mais basal, é fortemente influenciado pelas características superficiais, como o albedo dos materiais construtivos e os fluxos de calor latente e sensível, Barros e Lombardo (2016) apontam que a temperatura de superfície estimada através dos sensores remotos é uma alternativa viável e eficiente para os estudos do comportamento espacial da temperatura do ar na baixa atmosfera, especialmente em grandes áreas.

É importante ressaltar que o uso do sensoriamento remoto permite a apreensão da temperatura ao nível dos telhados e os resultados derivam da reflexão dos elementos individuais (árvores, vias, edifícios, etc.). Assim, a temperatura absoluta obtida através dos sensores termais não condiz exatamente com as temperaturas do ar intra-urbanas, embora a espacialidade do campo termal possa ser semelhante, conforme aponta Fialho (2009, p. 75):

“Ambas (*temperatura do ar e superficial*) podem ser utilizadas como parâmetros diferentes para a definição, por exemplo, de unidades climáticas intra-urbanas, mas não podem ser consideradas iguais, pois enquanto a temperatura do ar é mensurada dentro do meio urbano a temperatura de superfície é obtida pela leitura de sensores à distância, que captam a temperatura da superfície dos objetos...”

Na cidade de Rennes, localizada na costa oeste da França, Debreuil *et al* (2016) compararam a ilha de calor atmosférica e a ilha de calor de superfície. Do ponto de vista estatístico, a correlação se mostrou boa 0,77 (24/07/2004) e 0,67 (31/08/2006), porém, a ICA e a ICS não

apresentaram a mesma espacialidade. Enquanto a primeira teve na região central seu núcleo mais aquecido, a segunda apresentou maior aquecimento na região industrial periurbana.

Em Paris, Madelin *et al* (2017) também encontraram boa relação entre as temperaturas atmosféricas e superficiais. A correlação linear entre dados pontuais de duas estações meteorológicas com os dados de *pixels* em que essas estações estão localizadas foi de 0,99. Porém, os autores concluíram que a ilha de calor de superfície mostra-se como uma aproximação da ilha de calor atmosférica, uma vez que não reflete diretamente a temperatura do ar e ventilação.

Como visto anteriormente, o uso do sensoriamento remoto permite uma visão ampla do campo termal nas cidades. Porém, sua observação limita-se às temperaturas das superfícies dos objetos. Buscando propor soluções para sanar esta questão, Voogt e Oke (1997) desenvolveram o conceito de Temperatura de Superfície Urbana Completa (TSUC), que visa agregar as temperaturas horizontais e verticais, abarcando as três dimensões do sistema climático urbano. (Figura 15)

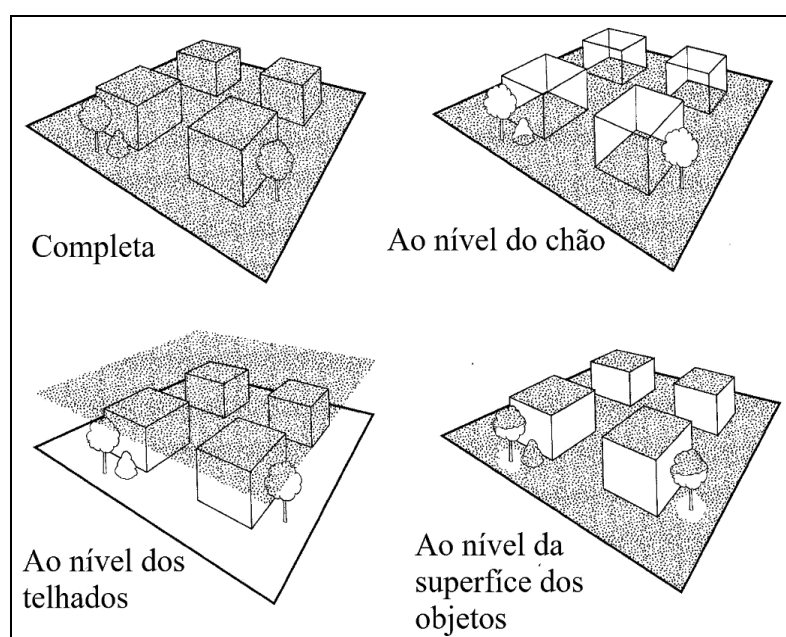


Figura 15 - Tipos de ilhas de calor superficiais de acordo com o local de obtenção da temperatura.

Fonte: Adaptado de (VOOGT E OKE 1997) e (FIALHO 2009).

Em um primeiro momento, as pesquisas de sensoriamento remoto aplicadas ao clima urbano se multiplicaram com o desenvolvimento de satélites de alta resolução espacial, como o

NOAA/AVHRR e o *LANDSAT*. Posteriormente, a partir do ano de 2008, a liberação ao acesso gratuito a todo o acervo de imagens da série *Landsat* dão novo impulso à utilização das imagens termais para o estudo do campo térmico urbano.

Apesar de ser considerado satisfatório o uso das imagens termais de satélite para a identificação da ilha de calor de superfície e para investigação do clima urbano (MENDONÇA, 1994; COLLISCHONN, 1998; FIALHO, 2009). Voogt e Oke (2003) apontam alguns aperfeiçoamentos necessários às pesquisas de clima urbano utilizando sensores remotos.

5. MATERIAIS E MÉTODOS

A proposta norteadora desta pesquisa é alicerçada no Sistema Clima Urbano desenvolvido por Monteiro (1976). Apesar da necessária discussão a respeito de seus preceitos teóricos-metodológicos e da importância de avançarmos nos postulados da teoria do S.C.U., entendemos que o eixo central da proposta de Monteiro concede base sólida à investigação do Clima Urbano.

Os procedimentos e técnicas utilizados neste estudo são apoiados nas pesquisas desenvolvidas no âmbito do Laboratório de Biogeografia e Climatologia da Universidade Federal de Viçosa (BIOCLIMA). De acordo com as proposições de Fialho (2009, 2012 e 2015); Rocha; Fialho (2010), Ferreira (2015), Fialho *et al.* (2015) Fialho; Quina (2016) e para a edificação do estudo do campo térmico do distrito de Carapina foi utilizada como técnica de coleta de dados os pontos fixos e os *transects* móveis.

Para a edificação do estudo do campo térmico do distrito de Carapina foram estabelecidas etapas de gabinete e etapas de campo (Figura 16).

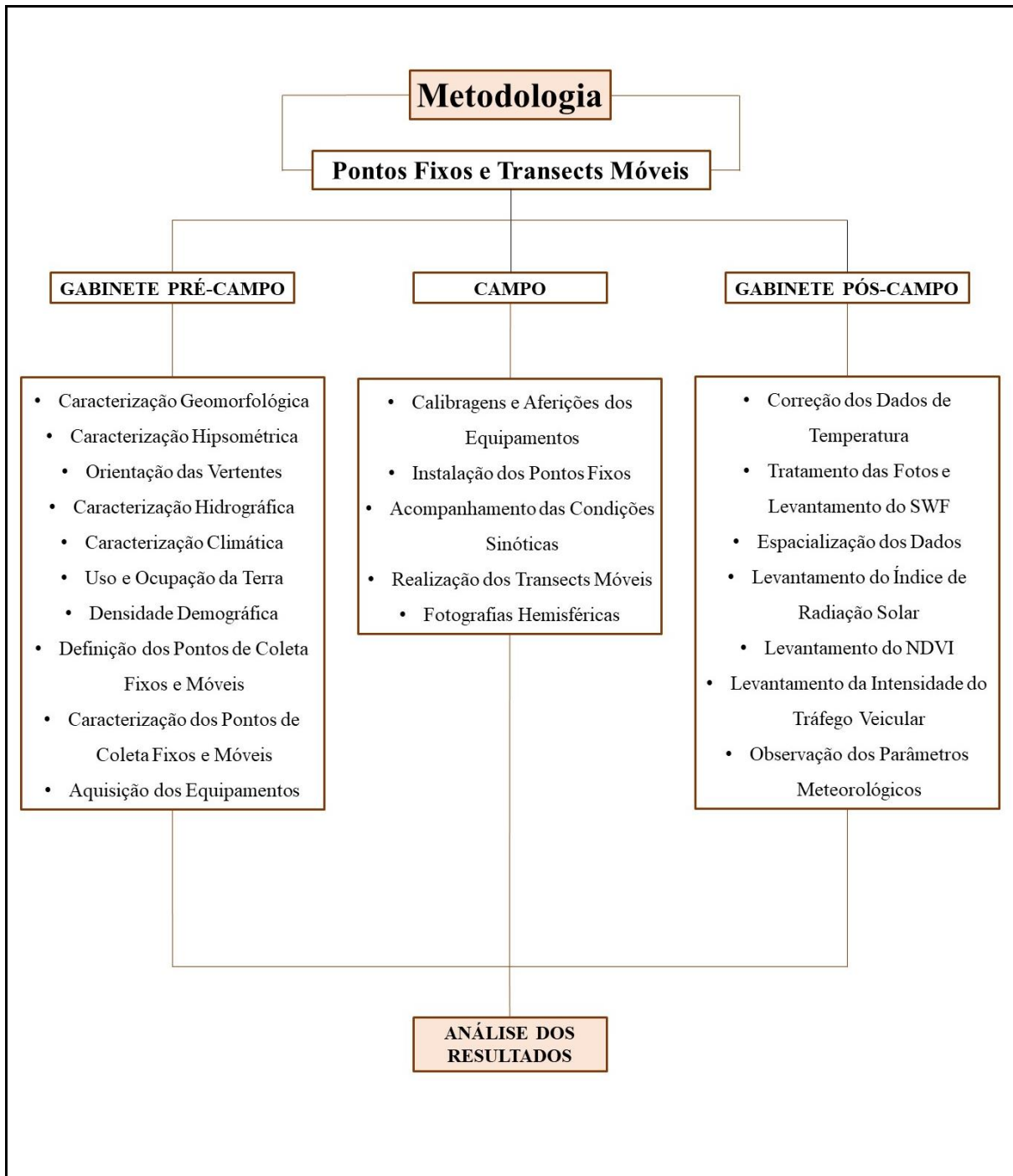


Figura 16 - Fluxograma Metodológico

Fonte: Wemerson Diascanio Oliveira

5.1 Características do Sítio

O sítio, local onde se materializa o processo de urbanização, é um elemento crucial na análise do clima urbano. A topografia, a posição da cidade frente às características orográficas, a hipsometria, a orientação das vertentes, assim como outros atributos de caráter geomorfológico assumem elevado grau de importância na configuração (ou não) de um clima urbano (MONTEIRO, 1990). Partindo desta premissa, na fase inicial da pesquisa foi realizada uma minuciosa observação das características geomorfológicas da área de estudo, resultando na confecção de mapas de unidades geomorfológicas, de hipsometria e de orientação das vertentes.

5.1.1 Caracterização Geomorfológica

O município de Serra está inserido em dois grandes domínios morfoestruturais do Espírito Santo. A maior parte está assentada sobre o Domínio Depósito Sedimentares. Na porção central e a nordeste do município encontramos pequenas áreas do Domínio Faixa de Dobramentos Remobilizados. Dentro destes domínios encontramos quatro regiões geomorfológicas, sendo elas: Região das Planícies Costeiras, Região dos Tabuleiros Costeiros, Região das Colinas e Maciços Costeiros e Região da Mantiqueira Setentrional (GATTO *et al*, 1983).

Conforme pode ser observado na figura 17 o município de Serra é caracterizado pelo predomínio de três unidades Geomorfológicas, sendo elas: a unidade Tabuleiros Costeiros, a unidade Colinas e Maciços Costeiros e a unidade Patamares Escalonados do Sul Capixaba (GATTO *et al*, 1983).

A unidade dos *Tabuleiros Costeiros* ocupa toda a porção Leste, Norte e Nordeste. É a maior unidade geomorfológica em ordem de grandeza existente no município de Serra. Esta unidade é caracterizada por relevos dissecados com topos aplainados e convexionados. Os processos morfogenéticos denudacionais imprimem ao relevo esculturação das superfícies de erosão. Sua altitude varia de 15 a 40m e apresenta padrão de drenagem do tipo subdentrítico (GATTO *et al*, 1983).

A unidade *Colinas e Maciços Costeiros* caracteriza-se, principalmente, por ser uma área de topografia deprimida, com reduzidos valores altimétricos em relação a outras unidades, refletindo estrutura fraturada e dobrada; as colinas englobam fáceis de dissecação de densidade de drenagem fina e média com incisões entre 23 e 62m”. Constitui-se de relevos

dissecados de topos aplainados a convexizados com aprofundamento dos vales variando de 21 a 42m em média. As altimetrias variam de 20 a 60m. A área é controlada por um sistema de drenagem com padrão subdendrítico com canais largos e que formam planícies coluvionadas que se estendem por outras unidades geomorfológicas. (GATTO *et al*, 1983). Nesta unidade destaca-se na paisagem o Monte Mestre Álvaro. Este maciço é um *inselberg* com litologia dominante granítica, mas com sua porção leste gnáissica. Sua origem é intrusão granítica, onde suas bordas foram metamorfizadas. Sua altitude varia de 0 a 833m (BRICALLI; QUEIROZ NETO, 2004).

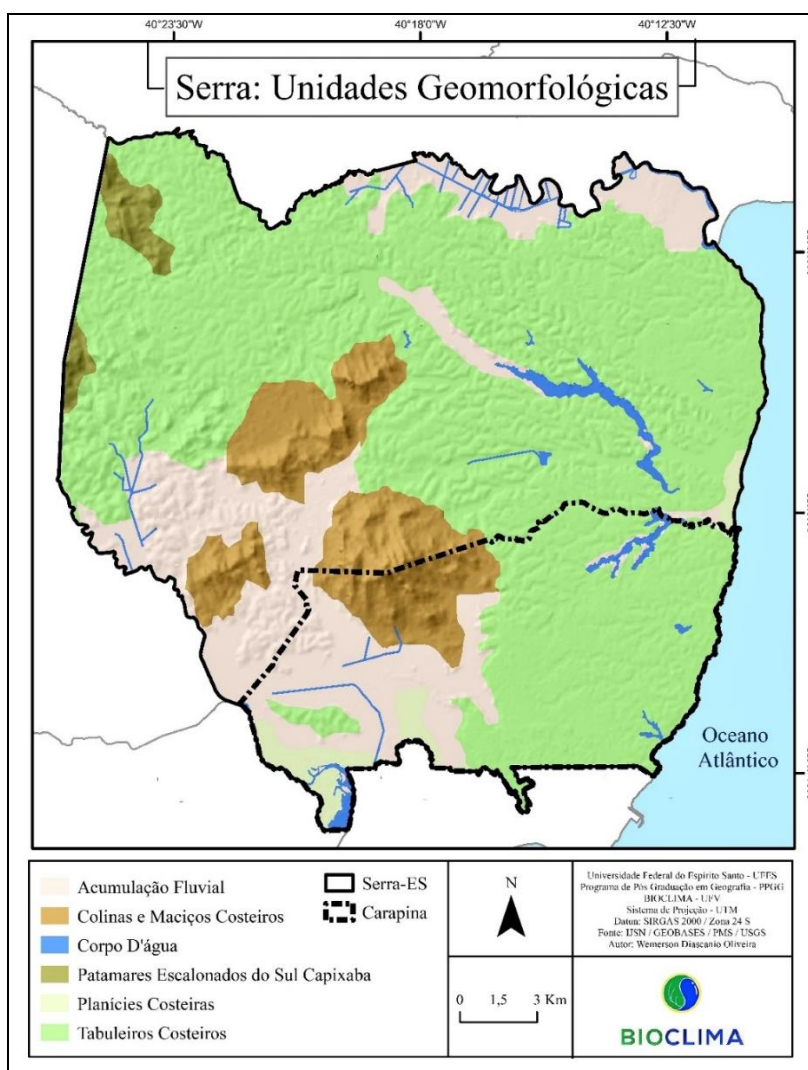


Figura 17 - Unidades Geomorfológicas presentes no município de Serra-ES.

Fonte: Wemerson Diascanio Oliveira

O Monte Mestre Álvaro é uma das paisagens mais icônicas do município, tendo sido observado e utilizado como referência desde o início do século XVI pelos navegadores que almejavam adentrar ao porto do Espírito Santo (CPRM, 2015) (Figuras 18 e 19).

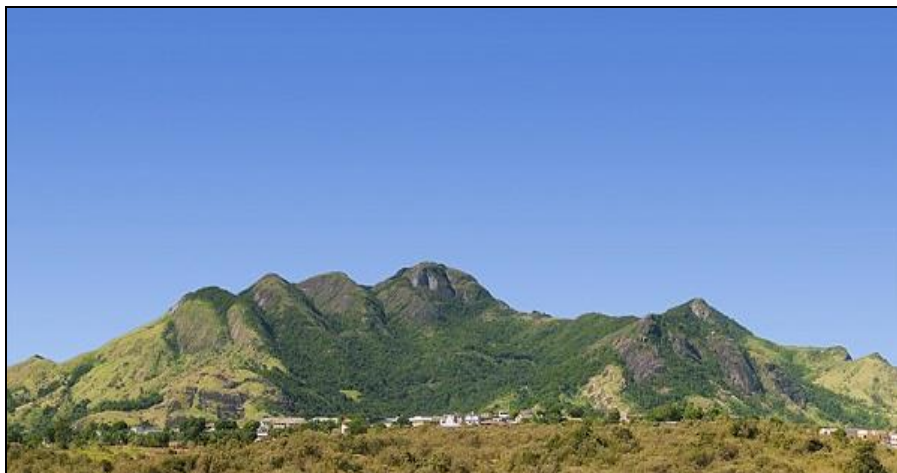


Figura 18 - Monte Mestre Álvaro.

Fonte: www.capixabadagema.com

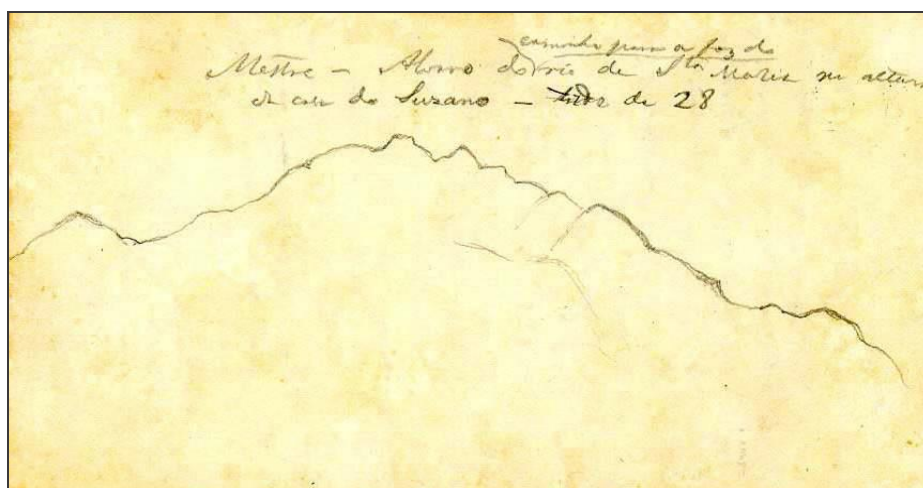


Figura 19 - Desenho do contorno morfológico do Maciço Mestre Álvaro realizado pelo Imperador Dom Pedro II em 1860.

Fonte: CPRM (2015)

A unidade *Patamares Escalonados do Sul Capixaba* está presente em uma pequena área na porção Noroeste do município. Possui aspecto morfográfico montanhoso e seu relevo é estruturado em patamares resultantes de níveis diferentes de dissecação. A estruturação e esculturação do relevo são fortemente controladas por falhas geológicas, em especial as da Faixa Colatina, apresentando estruturas fraturadas e dobradas, rios e vales encaixados, além de serras alinhadas com frentes escarpadas e vertentes longas e íngremes (GATTO *et al*, 1983).

O distrito de Carapina está assentado sobre a unidade *Tabuleiros Costeiro*, possuindo terras baixas, planas ou suaves. Trata-se de uma área com relevo predominantemente formado por platôs, intercalados por vales fluviais por onde fluem diversos corpos hídricos que formam

lagoas de considerável porte, como as lagoas Jacuném e Juara. (SECRETARIA ESTADUAL DE MEIO AMBIENTE, 2008).

5.1.2 Caracterização Hipsométrica

A hipsometria do município de Serra varia de 0m nas áreas planas do litoral, até pouco mais de 800m no ponto mais alto do monte Mestre Álvaro. A maior parte do município, assim como toda sua área urbana, se encontra na faixa de 0m a 100m de altitude. A porção urbanizada do distrito de Carapina está assentada em uma área de relevo baixo, atingindo no máximo 50m de altitude (Figuras 20 e 21).

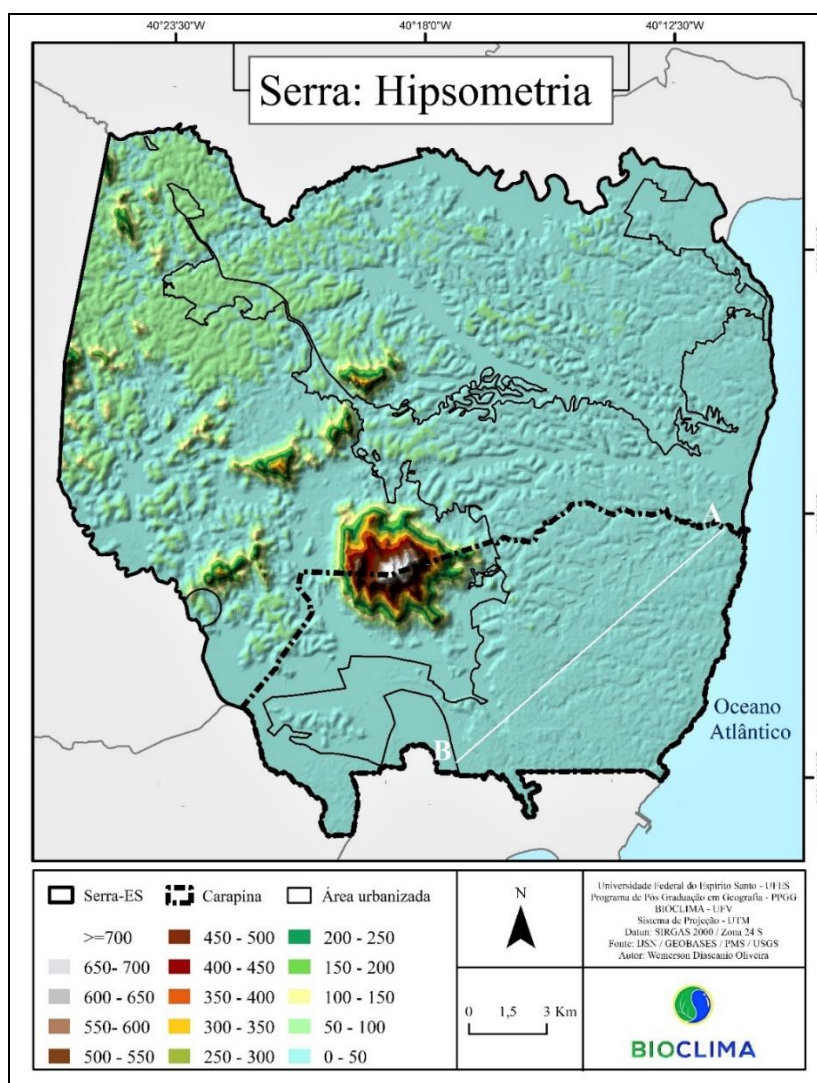


Figura 20 - Hipsometria do município de Serra-ES.

Fonte: Wemerson Diascanio Oliveira

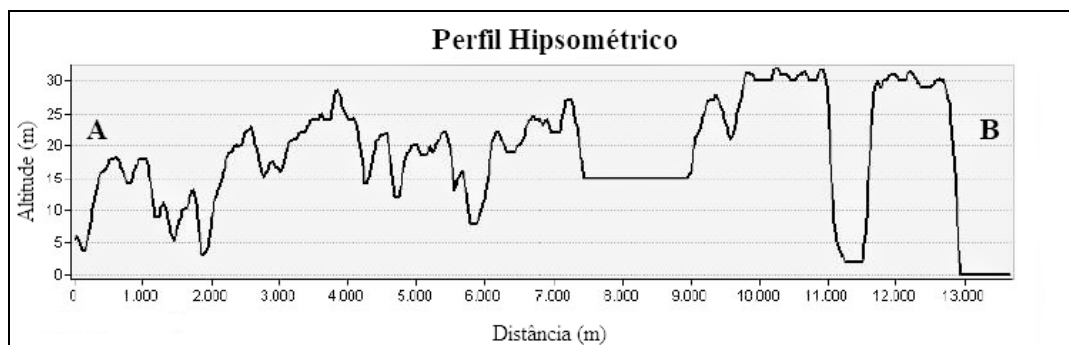


Figura 21 - Perfil hipsométrico da área urbana do distrito de Carapina - Serra-ES.

Fonte: Wemerson Diascanio Oliveira

O mapeamento hipsométrico foi elaborado utilizando-se o Sig ArcMap 10.1 a partir do Modelo Digital de Elevação (MDE) derivado de imagens de satélite SRTM (Shuttle Radar Topograph Mission), com resolução espacial de 30m e formato GEOTIFF (16 Bits). Após a criação do MDE foi gerado um *Triangulated Irregular Network (TIN)* a fim de destacar a hipsometria do relevo (Figura 20). As imagens SRTM foram adquiridas gratuitamente junto ao site do Serviço Geológico dos Estados Unidos (United States Geological Survey – USGS).

5.1.3 Mapa de Orientação das Vertentes

O MDE gerado na etapa anterior serviu de substrato para a produção do mapa de orientação das vertentes. Utilizando-se a ferramenta *Surface > Aspect* da extensão *Spatial Analyst* do Sig ArcMap 10.1, foi gerado um mapa representando a direção angular das vertentes em relação ao norte geográfico. Este mapeamento estabelece oito classes com intervalos de 45°, representando os pontos cardeais e colaterais (Figura 22).

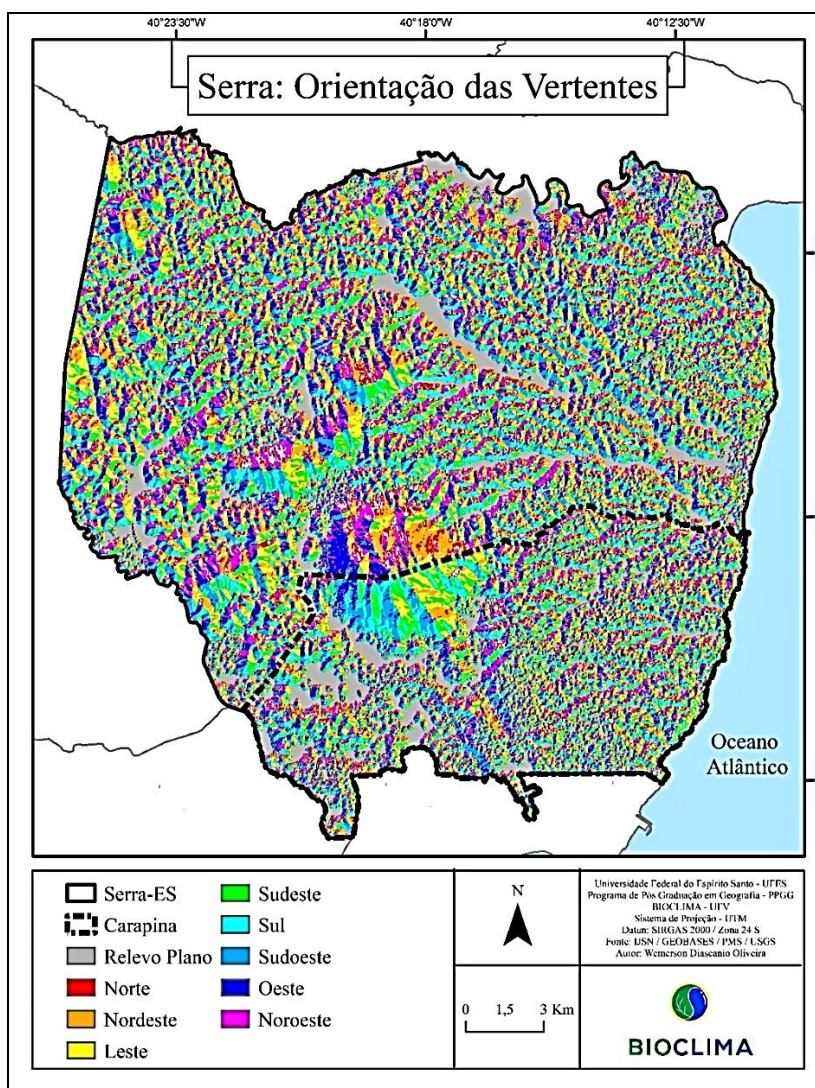


Figura 22 - Mapa de orientação das vertentes do município de Serra-ES.
Fonte: Wemerson Diascanio Oliveira

5.1.4 Caracterização Hidrográfica

O município de Serra possui uma vasta rede hidrográfica constituída pelas bacias do rio Reis Magos, rio Jacaraípe e Santa Maria da Vitória, além de pequenos córregos e nascentes que formam micro bacias litorâneas. Outro aspecto importante da hidrografia local é a existência de inúmeras lagoas de porte considerável, como a Jacuném e o Largo do Juara (PMS, 2012).

O entorno das lagoas e as margens dos principais córregos são ocupados por atividades urbano-industriais (Figura 23). Segundo Oliveira (2011), a falta de uma gestão adequada no que se refere à preservação dos corpos hídricos do município, com despejo de esgoto e resíduos sólidos, acabam por acarretar inúmeros problemas ambientais, como contaminação por efluentes e erosão.



Figura 23 - Ocupação urbano-industrial nas proximidades da lagoa Jacuném - Serra-ES.

Fonte: Prefeitura Municipal da Serra (PMS)

5.2 Caracterização Climática

A caracterização do clima regional e local é fundamental para que se possa compreender o comportamento sazonal dos elementos climáticos, a atuação dos fatores controladores do clima em larga escala e as relações entre as escalas superiores e inferiores do clima.

A partir do climograma elaborado com os dados oriundos da normal climatológica 1981 – 2010 disponibilizados pelo INMET – Instituto Nacional de Meteorologia – referente à estação UFES, localizado no campus universitário da Universidade Federal do Espírito Santo (UFES) e de revisões bibliográficas, foi realizada a caracterização climática da área de estudos, desde a escala regional até ao recorte local.

O Brasil é um país de dimensões continentais que apresenta em seu território uma grande variabilidade climática. Podem ser encontrados climas equatorial, subtropical e tropical, sendo o último o predominante. Os principais fatores responsáveis pelos diferentes tipos climáticos do país podem estar associados à sua configuração geográfica, sua posição latitudinal e extensão longitudinal, aos efeitos da maritimidade/continentalidade, suas modestas altitudes e formas do relevo. Além destes, é importante descartar a influência de sistemas atmosféricos de meso e larga escala, como as massas de ar, sistemas frontais, Zona de Convergência do Atlântico Sul (ZCAS), entre outros.

A região Sudeste do Brasil apresenta três principais tipos climáticos: Quente, Subquente e Mesotérmico segundo o IBGE (2006). O primeiro possui temperatura média anual superior a 18 °C e abarca uma porção do estado de Minas Gerais, Oeste e Norte Paulistas, Litoral e Norte Fluminenses e praticamente todo o território capixaba. O segundo (Subquente) registra temperaturas médias entre 15°C e 18°C e corresponde ao centro-sul mineiro e centro oeste

paulista. O tipo Mesotérmico apresenta mais amenas e distribuição sazonal das chuvas mais homogênea ao longo do ano (SANT'ANNA NETO, 2005).

No Estado do Espírito Santo o clima apresenta-se bem diversificado e sofre grande influência das características do relevo. As temperaturas mais baixas são observadas a oeste, enquanto as temperaturas máximas nas planícies costeiras. A média térmica anual é superior a 18°C durante todos os meses do ano. No entanto, nas partes mais elevadas da região serrana, onde o clima é mesotérmico mediano, as temperaturas atingem médias inferiores a 10°C nos meses mais frios (AMARANTE, 2009).

Quanto a pluviosidade, o estado capixaba apresenta estação seca no outono/ inverno, sendo atenuada no litoral por frentes frias provenientes do sul do continente. Seguindo a tendência do Sudeste brasileiro (maiores precipitações e temperaturas médias mais baixas nas áreas de maior altitude), observa-se um aumento das chuvas na região das serras capixabas, notadamente no verão. Na primavera e no verão as chuvas são mais abundantes, variando entre 350mm e 600mm. (AMARANTE, 2009).

No município de Serra a temperatura média é de 24,5°C, com mínimas de 21,6°C e máximas de 27,7°C. Os meses de janeiro, fevereiro e março apresentam-se como os mais quentes, enquanto as temperaturas mais amenas são registradas nos meses de junho, julho e agosto. A média anual de chuvas é de 1252,3mm, sendo o período compreendido entre os meses de outubro a dezembro os mais úmidos. Os menores índices pluviométricos são observados no inverno, em especial no mês de agosto. O vento predominante é o nordeste, proveniente do oceano Atlântico. No inverno, com a atuação da Massa Polar Atlântica (mPa), observa-se predominância de ventos de sudoeste (Figura 24).

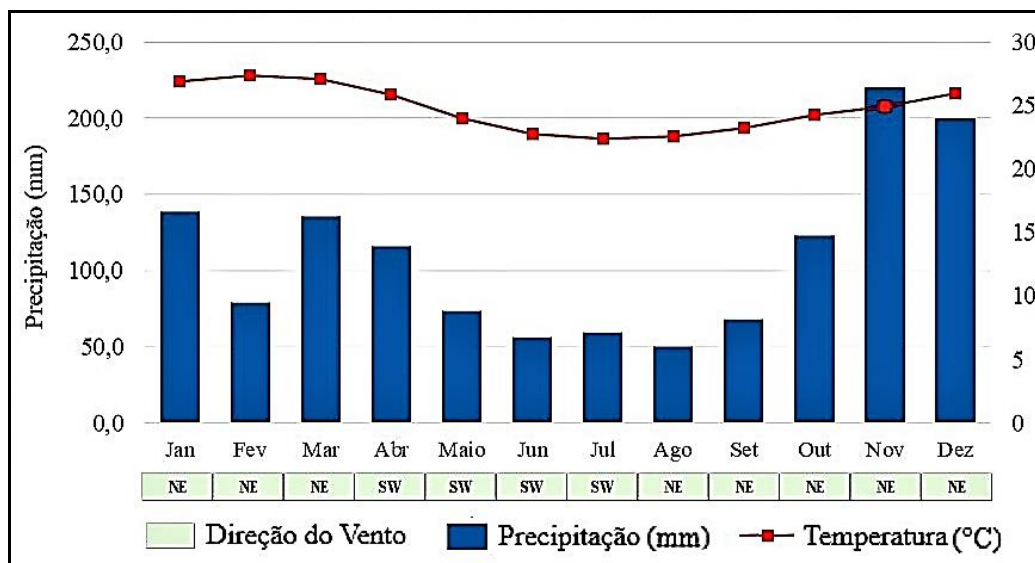


Figura 24 - Normal climatológica da estação UFES, Vitória-ES.

Fonte: INMET Elaboração: Wemerson Diascanio Oliveira

Em escala sinótica, diversos fenômenos meteorológicos influenciam no comportamento dos elementos climáticos da área estudada. A Alta Subtropical do Atlântico Sul (ASAS) atua provocando estabilidade atmosférica e elevação das temperaturas. As Frentes Frias (FF), geradas a partir da penetração do anticlone polar atlântico, são responsáveis por boa parte das chuvas ocorridas na região. A Massa Polar Atlântica (mPa) atua especialmente no outono e inverno. Sua chegada provoca episódios de temperaturas mais amenas. A Zona de Convergência do Atlântico Sul (ZCAS) atua sobre o município, especialmente, no período de outubro a março. Caracterizada como uma banda de nebulosidade orientada no sentido NO-SE, sua presença provoca um grande volume de precipitações (NIMER, 1972; SANT'ANNA NETO, 2005).

O município de Serra, por estar situado em uma região litorânea, sofre os efeitos das brisas marítimas e terrestres. Como o continente e o oceano possuem capacidades térmicas distintas, durante o dia, a superfície continental apresenta maior aquecimento que a superfície oceânica, fazendo com que as brisas soprem do oceano em direção ao continente, este fenômeno é chamado de brisa marítima. Já no período noturno ocorre o inverso. O ar da camada adjacente ao continente se resfria de maneira mais acelerada quando se comparada ao oceano. Assim, os ventos do continente invadem o oceano formando a brisa terrestre (OLIVEIRA e SILVA DIAS, 1982).

A atuação das brisas, segundo Reboita *et al* (2010), pode gerar instabilidade do ar das camadas mais baixas da atmosfera, propiciando a ocorrência de chuviscos. Além disso, a

umidade transportada pelas Brisas, ao interagir com outros fenômenos atmosféricos, pode favorecer a ocorrência de episódios de chuvas intensas. Em relação ao comportamento da temperatura, as Brisas influenciam na diminuição da amplitude térmica, na amenização das temperaturas máximas e no deslocamento das ilhas de calor ao longo do dia (GOMES, 2017).

5.3 Características de Uso e Ocupação da terra e Densidade Demográfica

Monteiro (1990) aponta ser imprescindível ao estudo do clima urbano a confecção de uma carta de uso da terra na qual se evidencie, além da morfologia urbana, os diferentes aspectos do dinamismo da vida citadina. Neste sentido, como base para a escolha dos pontos de coleta foram elaboradas uma carta de uso e ocupação da terra e um mapa de densidade demográfica.

A carta de uso e ocupação da terra foi elaborada a partir das bases cartográficas disponibilizadas pela Prefeitura Municipal da Serra (PMS), além de observações de campo e de imagens de satélite. A classificação se deu à luz do Zoneamento Urbanístico presente no Plano Diretor Urbano do Município da Serra (Lei Municipal Nº 3.820/2012 e suas alterações). (Figura 25).

O mapa de densidade demográfica foi confeccionado utilizando-se os dados populacionais e os setores censitários do censo de 2010 (disponibilizados pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - IBGE) (Figura 26).

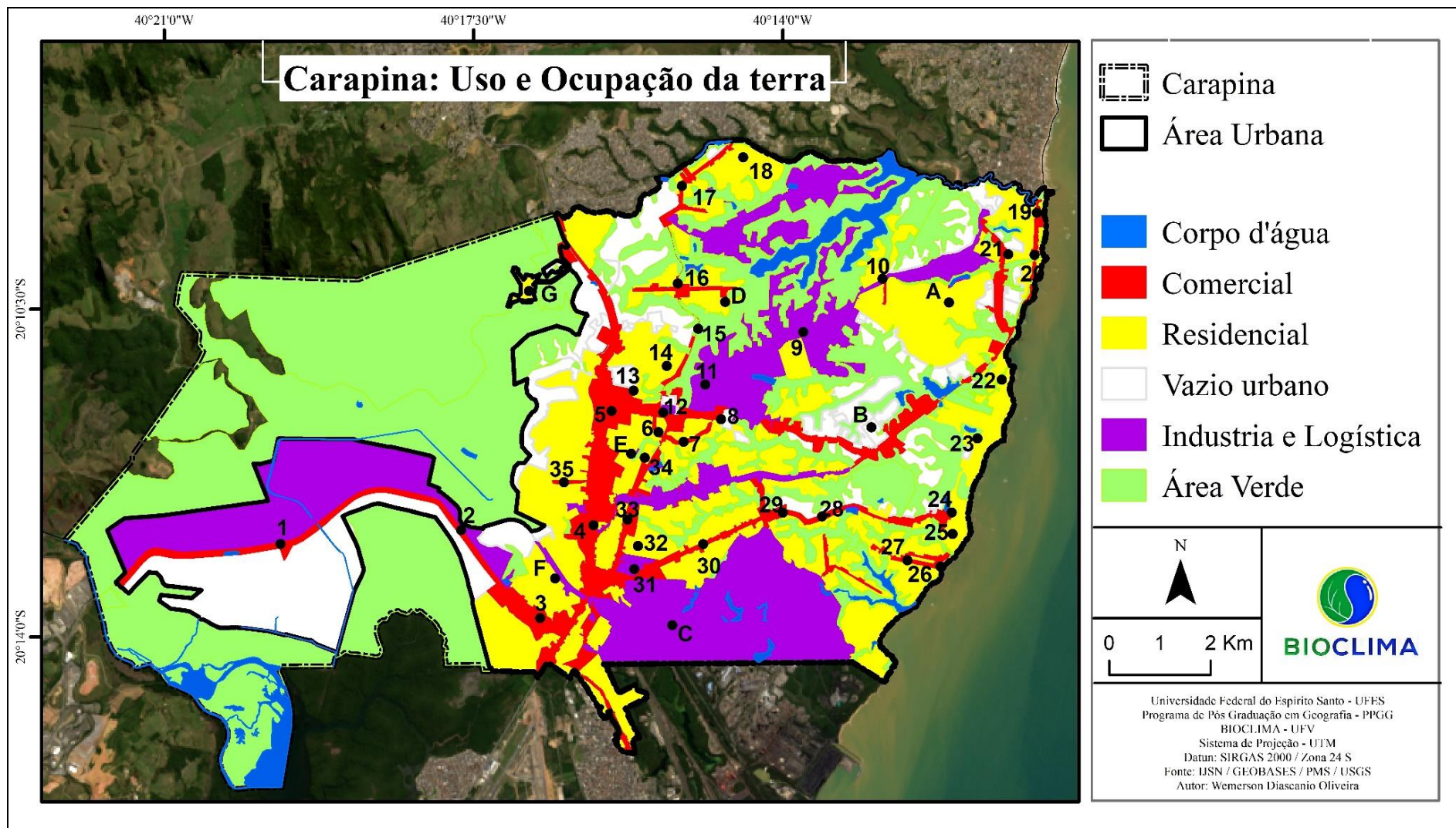


Figura 25 - Usos e ocupação da terra no distrito de Carapina - Serra-ES.

Fonte: Wemerson Diascanio Oliveira

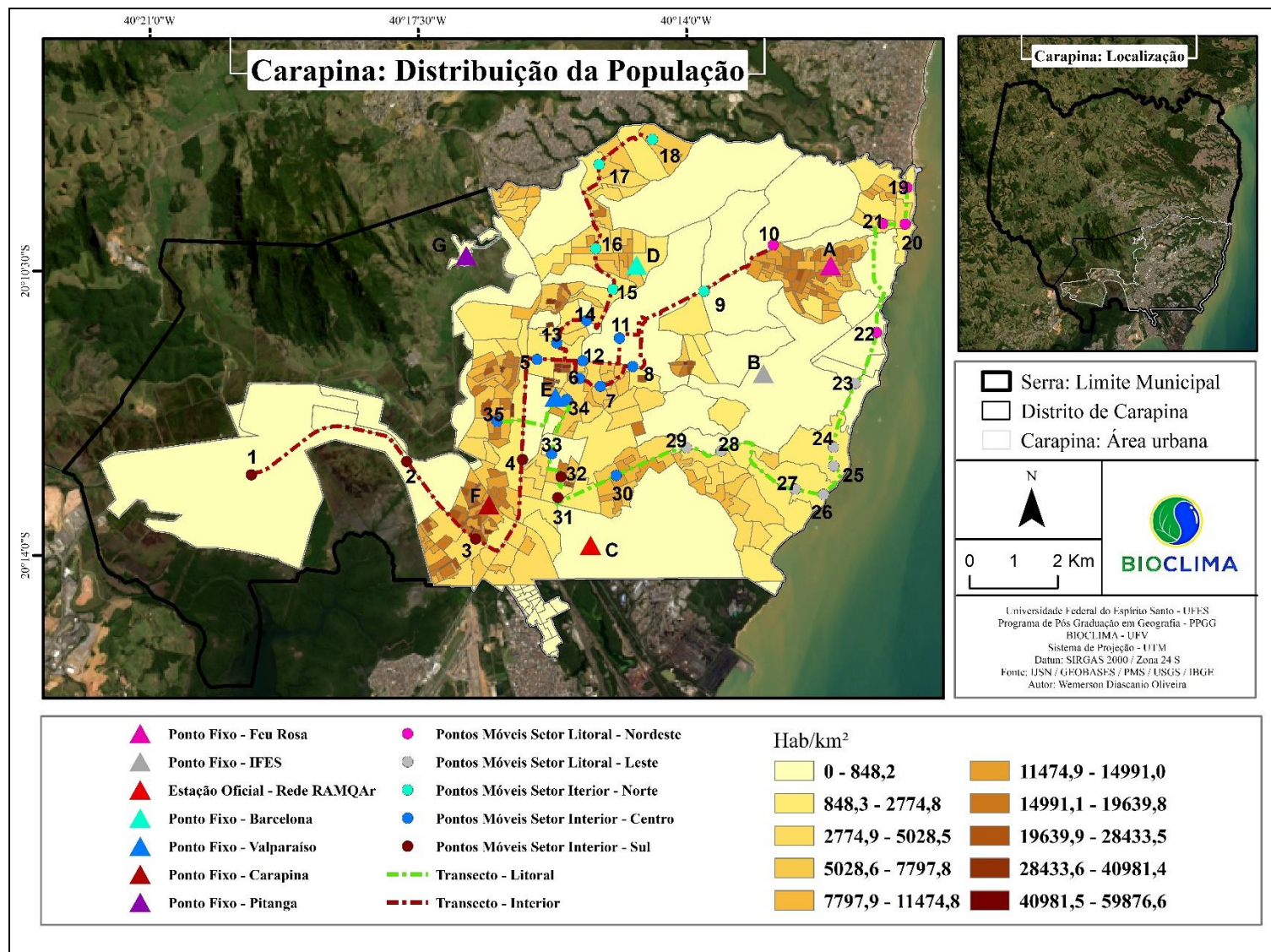


Figura 26 - Distribuição populacional no distrito de Carapina - Serra-ES.

Fonte: Wemerson Diascanio Oliveira

5.4 Definição e Caracterização dos Pontos de Coleta Fixos e Móveis

Seguindo as proposições de Monteiro (1990), a escolha dos pontos de mensuração buscou expressar os diferentes atributos do sítio no qual a cidade se assenta, a diversidade de funções e morfologias urbanas e o dinamismo da vida citadina. Além destes, outra importante característica observada para a definição dos pontos de coleta foi a atuação dos ventos de brisa marítima e terrestre.

Neste sentido, a partir das informações acerca das principais características geourbanas e geológicas do distrito de Carapina, foram estabelecidos 6 locais para instalação de miniabrigos meteorológicos e selecionados 35 pontos de coletas móveis ao longo de 2 *transects*. Além destes, utilizou-se nesta pesquisa dados meteorológicos da estação oficial da rede RANQAr (Figura 27).

Inicialmente o distrito de Carapina foi dividido em 5 setores, sendo eles: Setor Litoral Nordeste, Setor Litoral Leste, Setor Interior Norte, Setor Interior Centro e Setor Interior Sul.

A definição dos setores foi realizada buscando abarcar áreas que apresentassem características urbanas comuns, refletidas principalmente em suas estruturas, funções e dinâmicas. Além disso, foi observada também a proximidade dos pontos de coleta em relação à orla marítima.

Em cada um dos setores foi instalado um miniabrigo meteorológico equipado com dataloggers de registro automático. Os equipamentos foram programados para aferirem a temperatura e a umidade do ar a cada 10 minutos. Além destes 5, um outro miniabrigo foi alocado no bairro Pitanga, localizado na porção interior do distrito (área mais urbanizada de Carapina). A escolha deste local se deu devido às suas características peculiares em se tratando de um bairro inserido em uma cidade metropolitana (baixa densidade demográfica, baixo fluxo de veículos e aspecto rural), neste sentido, entendeu-se necessária uma coleta específica para essa realidade urbana, a fim de comparação com os outros pontos mais urbanizados do distrito.

O *transect* 1 chamaremos de *Transects Interior*. Com 32,4 km de extensão e 18 pontos de coleta (ponto 1 ao 18), o *transect* interior inicia-se no extremo oeste do distrito e percorre toda sua área urbana no sentido norte - sul. Esta rota atravessa a porção mais densamente urbanizada do distrito de Carapina. Seu trajeto é composto por pontos localizados sobre diferentes padrões de uso e ocupação da terra, distantes do litoral e apresenta variação na densidade demográfica e no fluxo de veículos.

O *transect 2* será denominado *Transect Litoral*. Esta rota possui 20,7 km de extensão e 17 pontos de mensuração (ponto 19 ao 35). Inicia-se à nordeste do distrito, cruza todo o litoral no sentido norte - sul e caminha no sentido leste - oeste para o interior da área urbanizada. Os pontos localizados nesse percurso abarcam áreas verdes, residenciais, comerciais e industriais. O fluxo de veículos varia quanto a sua intensidade, e a densidade demográfica é menor em relação ao transecto interior.

A síntese da caracterização geoecológica e geourbana dos 42 pontos de coleta (6 miniabrigos, uma estação oficial e 35 pontos moveis) está presente na tabela 9.

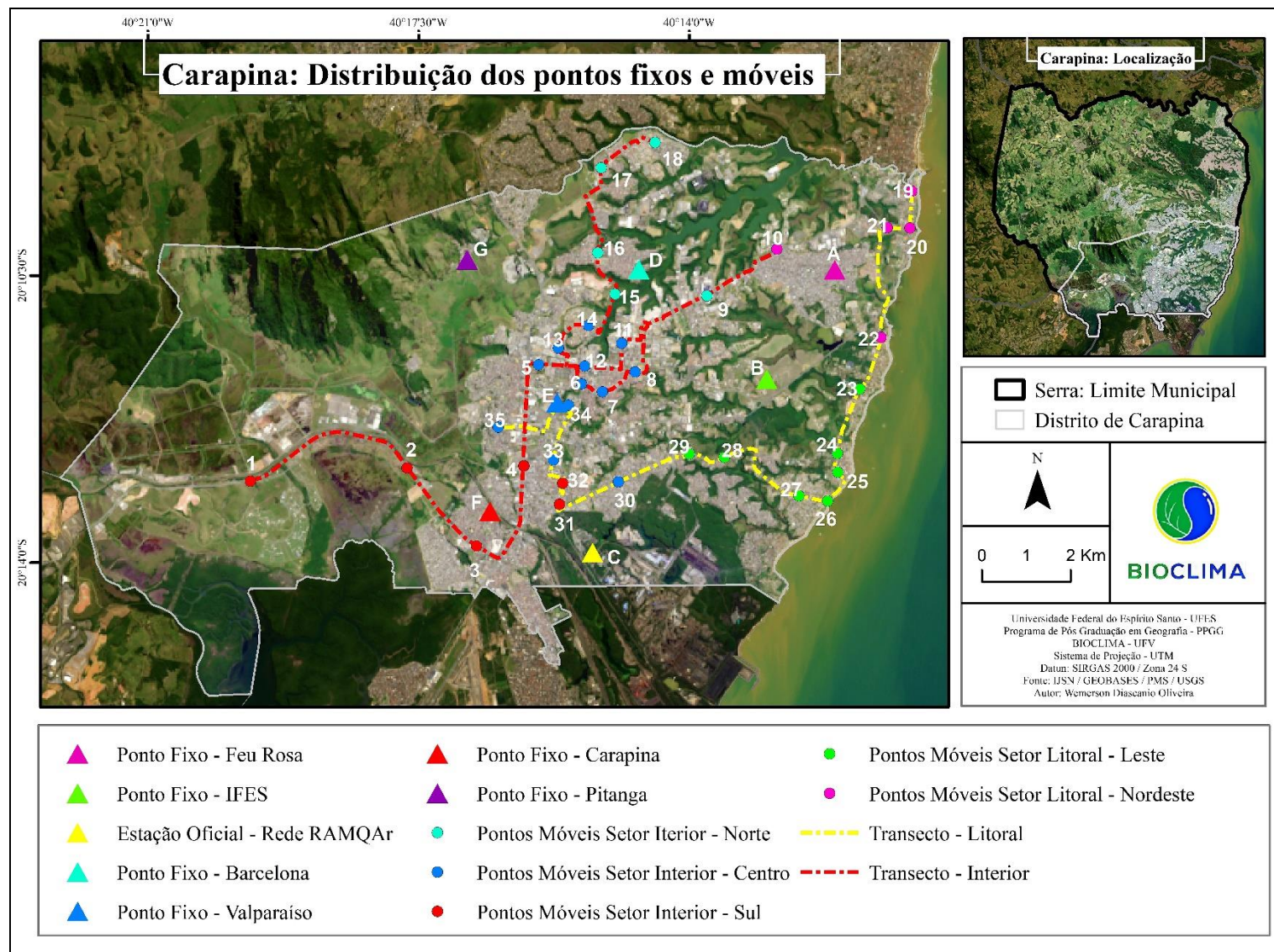






Figura 27 - Localização dos pontos fixos e móveis e trajetos dos transects interior e litoral.

Fonte: Wemerson Diascanio Oliveira






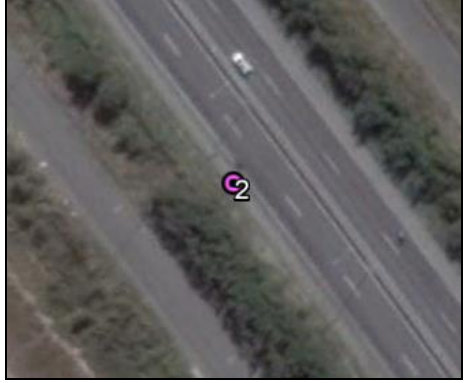
Tabela 9 - Síntese da caracterização Geourbana e Geoecológica dos pontos fixos e móveis.

LEGENDA:				
Lat. / Long. (Coordenadas Geográficas); Alt. (Altitude em relação ao nível do mar); D. L. C. (Distância em relação à linha de costa); Ori. Vert. (Orientação das vertentes); Trf. Veí. (Intensidade do tráfego de veículos leves e pesados); Superfície: (Característica da superfície do local de instalação do ponto fixo ou da coleta móvel); F. U. (Função urbana exercida pelo local de instalação do ponto fixo ou da coleta móvel); Ind. Veget. (Índice de vegetação no entorno do local de coleta fixa ou móvel); Adns. Urb. (Adensamento urbano da área de coleta fixa ou móvel).				
Ponto	Descrição e Localização	Foto Local	Imagem Google Earth	
			Altura do Ponto de Visão: 1000m	Altura do Ponto de Visão: 200m
Pontos fixos				
A	<p>Feu Rosa</p> <p>Lat. 20°10'30"S Long. 40°12'8"O Alt.: 19m D. L. C.: 1690m Ori. Vert.: Oeste Trf. Veí.: Int. Leve Superfície: Cerâmica F. U: Residencial Ind. Veget.: Ausente Adns. Urb.: Alto</p>			

B	<p>IFES</p> <p>Lat. 20°11'49"S Long. 40°13'11"O Alt. 29m D. L. C.: 2750m Ori. Vert: Oeste Trf. Veí: Int. Leve Superfície: Grama F. U: Vazio Urbano Ind. Veget.: Médio Adns. Urb.: Baixo</p>			
C	<p>Arcelor Mital (RAMQAr)</p> <p>Lat. 20°13'55"S Long. 40°15'17"O Alt. Sem informação D. L. C.: 4870m Ori. Vert.: Sul Trf. Veí.: Inexistente Superfície: Grama F. U: Industrial Ind. Veget.: Muito Alto Adns. Urb.: Inexistente</p>			

D	<p>Barcelona</p> <p>Lat. 20°10'28"S Long. 40°14'40"O Alt.: 33m D. L. C.: 6250m Ori. Vert.: Noroeste Trf. Veí.: Int. Leve Superfície: Grama F. U: Residencial Ind. Veget.: Médio Adns. Urb.: Médio</p>			
E	<p>Valparaiso</p> <p>Lat. 20°12'57"S Long. 40°15'44"O Alt. 28m D. L. C.: 7310m Ori. Vert.: Sudoeste Trf. Veí.: Int. Leve Superfície: Cimento F. U: Residencial Ind. Veget.: Inexistente Adns. Urb.: Alto</p>			

F	<p>Carapina</p> <p>Lat. 20°13'25"S Long. 40°16'37"O Alt. 38m D. L. C.: 8140m Ori. Vert.: Sul Trf. Veí.: Int. Leve Superfície: Solo Exposto F. U: Residencial Ind. Veget.: Inexistente Adns. Urb.: Alto</p>			
G	<p>Pitanga</p> <p>Lat. 20°10'20"S Long. 40°16'53"O Alt. 18m D. L. C.: 10190m Ori. Vert.: Noroeste Trf. Veí.: Int. Leve Superfície: Solo Exposto F. U: Residencial Ind. Veget.: Médio Adns. Urb.: Alto</p>			

Pontos móveis – Transecto Interior				
1	Alphaville Lat. 20°13'17"S Long. 40°19'43"O Alt. 31m D. L. C.: 13590m Ori. Vert.: Sudeste Trf. Veí.: Int. Alta Superfície: Asfalto F. U: Vazio Urbano Ind. Veget.: Médio Adns. Urb.: Inexistente			
2	TIMS Lat. 20°12'53"S Long. 40°17'40"O Alt. 32 D. L. C.: 10120m Ori. Vert.: Sul Trf. Veí.: Int. Alta Superfície: Asfalto F. U: Logística Ind. Veget.: Baixo Adns. Urb.: Inexistente			

3	<p>Pavilhão de Carapina</p> <p>Lat. 20°13'50"S Long. 40°16'47"O Alt. 44m D. L. C.: 7470m Ori. Vert.: Plano Trf. Veí.: Int. Alta Superfície: Asfalto F. U: Comércio Ind. Veget.: Muito Baixo Adns. Urb.: Médio</p>			
4	<p>BR 101 – Posto Petrobrás</p> <p>Lat. 20°12'51"S Long. 40°16'11"O Alt. 45m D. L. C.: 7430m Ori. Vert.: Nordeste Trf. Veí.: Int. Alta Superfície: Asfalto F. U: Comércio Ind. Veget.: Muito Baixo Adns. Urb.: Alto</p>			

5	<p>Shopping Mont Serrat</p> <p>Lat. 20°11'38"S Long. 40°15'58"O Alt. 49m D. L. C.: 7930m Ori. Vert.: Plano Trf. Veí.: Int. Alta Superfície: Asfalto F. U: Comércio Ind. Veget.: Muito Baixo Adns. Urb.: Alto</p>			
6	<p>Megalar – Av. Central</p> <p>Lat. 20°11'51"S Long. 40°15'26"O Alt. 41m D. L. C.: 6860m Ori. Vert.: Leste Trf. Veí.: Int. Alta Superfície: Asfalto F. U: Comércio Ind. Veget.: Inexistente Adns. Urb.: Alto</p>			

7	<p>Los Neto – Av. Central</p> <p>Lat. 20°11'58"S Long. 40°15'34"O Alt. 39m D. L. C.: 6310m Ori. Vert.: Nordeste Trf. Veí.: Int. Alta Superfície: Asfalto F. U: Comércio Ind. Veget.: Inexistente Adns. Urb.: Alto</p>			
8	<p>Rotatória do Hospital Dório Silva</p> <p>Lat. 20°11'43"S Long. 40°14'46"O Alt. 39m D. L. C.: 5730m Ori. Vert.: Leste Trf. Veí.: Int. Alta Superfície: Solo Exposto F. U: Comércio Ind. Veget.: Baixo Adns. Urb.: Médio</p>			







9	<p>Expresso Jundiá</p> <p>Lat. 20°10'48"S Long. 40°13'47"O Alt. 35m D. L. C.: 4280m Ori. Vert.: Noroeste Trf. Veí.: Int. Alta Superfície: Bloco de cimento F. U: Indústria Ind. Veget.: Muito Baixo Adns. Urb.: Alto</p>			
10	<p>Boulevard Lagoa</p> <p>Lat. 20°10'14"S Long. 40°12'53"O Alt. 32m D. L. C.: 3140m Ori. Vert.: Plano Trf. Veí.: Int. Alta Superfície: Asfalto F. U: Residencial Ind. Veget.: Médio Adns. Urb.: Médio</p>			

11	<p>CIVIT</p> <p>Lat. 20°11'21"S Long. 40°14'54"O Alt. 37m D. L. C.: 6060m Ori. Vert.: Sudeste Trf. Veí.: Int. Média Superfície: Asfalto F. U: Indústria Ind. Veget.: Muito Baixo Adns. Urb.: Alto</p>			
12	<p>Terminal de Laranjeiras</p> <p>Lat. 20°11'39"S Long. 40°15'23"O Alt. 40m D. L. C.: 6620m Ori. Vert.: Nordeste Trf. Veí.: Int. Alto Superfície: Asfalto F. U: Comércio Ind. Veget.: Muito Baixo Adns. Urb.: Alto</p>			

13	<p>Cond. Parque Colombo</p> <p>Lat. 20°11'25"S Long. 40°15'43"O Alt. 43m D. L. C.: 7460m Ori. Vert.: Leste Trf. Veí.: Int. Leve Superfície: Asfalto F. U: Residencial Ind. Veget.: Muito Baixo Adns. Urb.: Alto</p>			
14	<p>Cond. Parque Itatiaia</p> <p>Lat. 20°11'10"S Long. 40°15'20"O Alt. 41 D. L. C.: 6690m Ori. Vert.: Sudoeste Trf. Veí.: Int. Leve Superfície: Asfalto F. U: Residencial Ind. Veget.: Muito Baixo Adns. Urb.: Alto</p>			

15	<p>Av. Norte Sul – Tuaquara</p> <p>Lat. 20°10'46"S Long. 40°14'59"O Alt. 41m D. L. C.: 6400m Ori. Vert.: Sudoeste Trf. Veí.: Int. Alta Superfície: Asfalto F. U: Área Verde Ind. Veget.: Alto Adns. Urb.: Inexistente</p>			
16	<p>Shopping dos Telhados</p> <p>Lat. 20°10'16"S Long. 40°15'12"O Alt. 37m D. L. C.: 7160m Ori. Vert.: Nordeste Trf. Veí.: Int. Alta Superfície: Asfalto F. U: Comércio Ind. Veget.: Baixo Adns. Urb.: Alto</p>			

17	<p>Farmácia Mônica</p> <p>Lat. 20°10'14"S Long. 40°15'10"O Alt. 42m D. L. C.: 7130m Ori. Vert.: Sul Trf. Veí.: Int. Alta Superfície: Asfalto F. U: Comércio Ind. Veget.: Muito Baixo Adns. Urb.: Alto</p>			
18	<p>Tubarão materiais de construção</p> <p>Lat. 20°10'56"S Long. 40°14'27"O Alt. 38 D. L. C.: 5940m Ori. Vert.: Oeste Trf. Veí.: Int. Leve Superfície: Asfalto F. U: Residencial Ind. Veget.: Muito Baixo Adns. Urb.: Alto</p>			

Pontos móveis – Transecto Litoral				
19	<p>ProMar</p> <p>Lat. 20°9'33"S Long. 40°11'10"O Alt. 5m D. L. C.: 150m Ori. Vert.: Noroeste Trf. Veí.: Int. Alta Superfície: Asfalto F. U: Comércio Ind. Veget.: Muito Baixo Adns. Urb.: Alto</p>			
20	<p>Pousada Cores do Mar</p> <p>Lat. 20°10'10"S Long. 40°11'10"O Alt. 5m D. L. C.: 190m Ori. Vert.: Sudeste Trf. Veí.: Int. Alta Superfície: Asfalto F. U: Comércio Ind. Veget.: Baixo Adns. Urb.: Alto</p>			

21	<p>Alarm Star</p> <p>Lat. 20°10'59"S Long. 40°11'27"O Alt. 14m D. L. C.: 720m Ori. Vert.: Sudoeste Trf. Veí.: Int. Média Superfície: Asfalto F. U: Residencial Ind. Veget.: Baixo Adns. Urb.: Médio</p>			
22	<p>Padaria Manguinhos</p> <p>Lat. 20°11'20"S Long. 40°11'33"O Alt. 3m D. L. C.: 200m Ori. Vert.: Leste Trf. Veí.: Int. Média Superfície: Asfalto F. U: Residencial Ind. Veget.: Alto Adns. Urb.: Médio</p>			

23	<p>Aldeia Manguinhos</p> <p>Lat. 20°11'57"S Long. 40°11'49"O Alt. 10m D. L. C.: 540m Ori. Vert.: Sudeste Trf. Veí.: Int. Média Superfície: Asfalto F. U: Residencial Ind. Veget.: Alto Adns. Urb.: Médio</p>			
24	<p>Panificadora Brisa</p> <p>Lat. 20°12'44"S Long. 40°12'10"O Alt. 7m D. L. C.: 330m Ori. Vert.: Nordeste Trf. Veí.: Int. Média Superfície: Asfalto F. U: Comércio Ind. Veget.: Alto Adns. Urb.: Médio</p>			

25	<p>Rottwerller materiais de construção</p> <p>Lat. 20°12'58"S Long. 40°12'10"O Alt. 7m D. L. C.: 350m Ori. Vert.: Plano Trf. Veí.: Int. Leve Superfície: Cimento F. U: Residencial Ind. Veget.: Baixo Adns. Urb.: Alto</p>			
26	<p>Quiosque Mar e Sol</p> <p>Lat. 20°13'19"S Long. 40°12'15"O Alt. 6m D. L. C.: 70m Ori. Vert.: Sudeste Trf. Veí.: Int. Leve Superfície: Solo Exposto F. U: Residencial Ind. Veget.: Alto Adns. Urb.: Baixo</p>			

27	<p>Supermercado Nossa Rede</p> <p>Lat. 20°13'15"S Long. 40°12'37"O Alt. 25m D. L. C.: 860m Ori. Vert.: Sudeste Trf. Veí.: Int. Média Superfície: Asfalto F. U: Comércio Ind. Veget.: Baixo Adns. Urb.: Alto</p>			
28	<p>Acampamento Salém</p> <p>Lat. 20°12'46"S Long. 40°13'35"O Alt. 26m D. L. C.: 2900m Ori. Vert.: Sul Trf. Veí.: Int. Média Superfície: Asfalto F. U: Comércio Ind. Veget.: Alto Adns. Urb.: Baixo</p>			

29	<p>Fundação Vale</p> <p>Lat. 20°12'44"S Long. 20°14'23"O Alt. 29m D. L. C.: 3700m Ori. Vert.: Noroeste Trf. Veí.: Int. Média Superfície: Asfalto F. U: Comércio Ind. Veget.: Alto Adns. Urb.: Médio</p>			
30	<p>Rede Farmes</p> <p>Lat. 20°13'40"S Long. 40°14'56"O Alt. 32m D. L. C.: 5270m Ori. Vert.: Oeste Trf. Veí.: Int. Alta Superfície: Asfalto F. U: Comércio Ind. Veget.: Inexistente Adns. Urb.: Alto</p>			

31	<p>Sindian</p> <p>Lat. 20°13'19"S Long. 40°15'43"O Alt. 35m D. L. C.: 6110m Ori. Vert.: Norte Trf. Veí.: Int. Média Superfície: Asfalto F. U: Indústria Ind. Veget.: Inexistente Adns. Urb.: Alto</p>			
32	<p>Pracinha de São Diogo</p> <p>Lat. 20°13'48"S Long. 40°15'40"O Alt. 35m D. L. C.: 6420m Ori. Vert.: Nordeste Trf. Veí.: Int. Média Superfície: Asfalto F. U: Residencial Ind. Veget.: Inexistente Adns. Urb.: Alto</p>			

33	<p>Supermercado Sempre Tem</p> <p>Lat. 20°12'47"S Long. 40°15'47"O Alt. 38m D. L. C.: 6830m Ori. Vert.: Noroeste Trf. Veí.: Int. Alta Superfície: Asfalto F. U: Comércio Ind. Veget.: Inexistente Adns. Urb.: Alto</p>			
34	<p>Parque da Cidade</p> <p>Lat. 20°12'10"S Long. 40°15'35"O Alt. 38m D. L. C.: 7110m Ori. Vert.: Sudeste Trf. Veí.: Int. Leve Superfície: Cimento F. U: Residencial Ind. Veget.: Alto Adns. Urb.: Baixo</p>			

35	<p>Cardoso Materiais de Construção</p> <p>Lat. 20°12'23"S Long. 40°16'30"O Alt. 43m D. L. C.: 8170m Ori. Vert.: Sul Trf. Veí.: Int. Alta Superfície: Asfalto F. U: Comércio Ind. Veget.: Inexistente Adns. Urb.: Alto</p>			
----	--	--	---	---

5.5 Equipamentos Utilizados

Para a mensuração dos elementos climáticos (temperatura e umidade do ar) foram utilizados dois equipamentos distintos. Nos pontos fixos utilizaram-se sensores digitais automáticos modelo datalogger (HOBO-U-012). Conforme proposta de Lopes e Jardim (2012), os sensores foram afixados em miniabrigos meteorológicos construídos em PVC (policloreto de vinila) e posicionados a 1,5m da superfície (Figura 28). Já as coletas móveis foram realizadas com termohigrômetros digitais modelo Minipa MT-241. Os equipamentos foram abrigados em estrutura de PVC com 100cm de diâmetro e 52cm de comprimento, a qual foi envolta em papel alumínio a fim de proteger o sensor da radiação direta do sol (Figura 29). Os procedimentos técnicos e operacionais para montagem e manuseio do abrigo móvel seguiram as proposições de Fialho (2009).



Figura 28 - Datalogger modelo Hobo U-12 e miniabrigo meteorológico.

Fonte: Wemerson Diascanio Oliveira

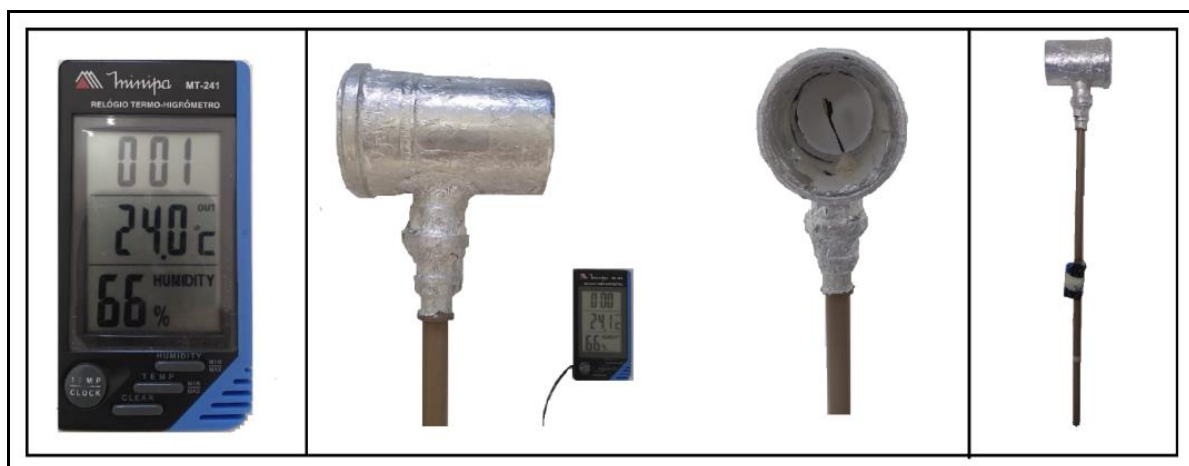


Figura 29 - Termohigrômetro modelo MINIPA MT-241 e abrigo de PVC.

Fonte: Wemerson Diascanio Oliveira

5.6 Calibrações e Aferições

A fim de assegurar a qualidade dos dados mensurados em campo, além de garantir que as variações térmicas apresentadas durante as coletas fossem fruto exclusivamente das características geourbanas e geoecológicas da área de estudos, os *dataloggers* foram submetidos a procedimentos de calibragem e aferições em laboratório e em campo.

Durante as baterias de testes, os dados oriundos dos *dataloggers* foram analisados através de técnicas estatísticas afim de averiguar a confiabilidade dos valores registrados pelos equipamentos em relação aos próprios *dataloggers*, em relação à estação automática oficial e à estação convencional.

As análises pautaram-se no cálculo estatístico de coeficiente de determinação de Pearson realizado no Microsoft Excel. Assim, quanto mais próximo de 1 for o coeficiente de determinação (R^2) maior será a confiabilidade dos dados de temperatura e umidade registrados pelos equipamentos.

5.6.1 Aferições dos Hobos em Laboratório

Inicialmente foi realizada a aferição dos dataloggers modelo Hobo em ambiente fechado (protegidos da luz e ventilação) pelo período de 36h. Os equipamentos foram programados para executarem os registros a cada 30 minutos, formando assim um conjunto de 72 dados em cada um dos equipamentos (Figura 30).

Após o período de coleta, um dos dataloggers foi escolhido de maneira aleatória como referência e todos os outros 5 tiveram seus dados a ele comparados. Os gráficos de dispersão linear elaborados no Microsoft Excel 2010 apontaram alta correlação entre os dados registrados nos 6 dataloggers. O índice de correlação linear entre eles foi sempre superior a 0,99 (Tabela 10).



Figura 30 - Datalogger Hobo U-12 em ambiente fechado.

Fonte: Wemerson Diascanio Oliveira

5.6.2 Aferição dos Hobos em Campo

Em um segundo momento os Hobos foram instalados, dentro de seus respectivos miniabrigos meteorológicos junto à estação automática do INMET existente no campus da Universidade Federal do Espírito Santo (UFES) (Figura 31).

Os sensores foram programados para registrarem as variáveis meteorológicas a cada uma hora no intervalo compreendido entre 8h e 20h. Após este período os dados de cada um dos sensores foram comparados com os dados mensurados pela estação oficial do INMET. A correlação de Pearson entre cada um dos Hobos e a estação oficial foi sempre superior a 0,98 (Tabela 10).



Figura 31 - Aferição dos Hobos em seus respectivos miniabrigo meteorológicos na estação oficial do INMET – UFES.

Fonte: Wemerson Diascanio Oliveira

5.6.3 Aferição dos Minipas em Campo

Os termohigrômetros modelo Minipa foram instalados juntamente com os Hobos (cada um em seus respectivos abrigos meteorológicos de PVC) na estação oficial do INMET pelo período de 12h00min (8h00min às 20h00min). Foram feitos registros horários dos valores de temperatura e umidade, totalizando um conjunto de 12 dados (Figura 32).

Após a coleta, os dados mensurados pelos Minipas foram comparados aos dados mensurados pelos Hobos. A correlação linear dos Minipa 1 e 2 em relação a todos os 6 Hobos foi sempre acima de 0,93. Os dados dos Minipa também foram comparados entre si e apresentaram correlação de Pearson de 0,96 (Tabela 10).

Além das aferições dos Minipas dentro de seus miniabrigo, os equipamentos também foram submetidos a testes dentro do abrigo oficial de uma estação convencional. Como a estação do INMET instalada na UFES não possui a versão convencional, os testes foram realizados na estação existente no campus da Universidade federal de Viçosa (UFV) (Figura 32).

Os dados foram registrados a cada 10 minutos durante 1h00min no período da manhã e 1h no período da tarde (totalizando um conjunto de 12 dados). Foram observados os valores registrados nos Minipas (1 e 2) e no termômetro de bulbo seco da estação convencional. Tanto entre os dois minipas dentro do abrigo oficial, quanto entre os Minipa 1 e 2 e os dados da estação, a correlação de Pearson foi sempre acima de 0,99 (Tabela 10).



Figura 32 - Dataloggers modelo MINIPA na estação convencional do INMET (UFV) e em seus miniabrigos de PVC na estação automática do INMET (UFES).

Fonte: Wemerson Diascanio Oliveira

A síntese das aferições realizadas, assim como os respectivos resultados de correlação linear podem ser observados na tabela 10.

Tabela 10 - Síntese das aferições realizadas e respectivos resultados após análise de Pearson.

Aferições realizadas	Resultados da correlação de Pearson
Hobos em Laboratório	Todos acima de 0,98
Minipa 1 X Estação UFV (Bulbo Seco)	0,99
Minipa 2 X Estação UFV (Bulbo Seco)	0,99
Minipa 1 X Minipa 2 (dentro do abrigo da estação convencional da UFV)	0,99
Hobo no miniabrigo X Estação UFES	Todos acima de 0,98
Minipa 1 dentro do abrigo de PVC X Minipa 2 dentro do abrigo de PVC	0,96
Minipa 1 dentro do abrigo de PVC X Hobos dentro do abrigo de PVC	Todos acima de 0,95
Minipa 2 dentro do abrigo de PVC X Hobos dentro do abrigo de PVC	Todos acima de 0,93

Fonte: Wemerson Diascanio Oliveira

5.7 Acompanhamento das Condições Sinóticas

Os tipos de tempo são um dos principais controladores da intensidade da ilha de calor urbana, uma vez que regulam a entrada e saída de energia do Sistema Clima Urbano e interferem no balanço energético das superfícies (FIALHO, 2009).

Neste sentido, tanto no período pré-campo, quanto durante a realização dos *transects* móveis, fez-se necessário o acompanhamento da dinâmica dos tipos de tempo atuantes na área de estudo.

Para o acompanhamento da dinâmica atmosférica foram utilizadas cartas sinóticas e imagens de satélite disponíveis, respectivamente, nos sites da Marinha do Brasil – Diretoria de

Hidrografia e Navegação (DNH) e no Centro de Previsão do Tempo e Estudos Climatológicos (CPTEC/INPE). Os parâmetros climáticos foram observados junto aos dados da rede de estações automáticas do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET) e da Rede Automática de Monitoramento da Qualidade do Ar (RAMQAr), pertencente ao Instituto Estadual de Meio Ambiente e Recursos Hídricos (IEMA).

A relação entre os sistemas atmosféricos atuantes e o comportamento dos elementos climáticos mensurados pela estação oficial (INMET) foi realizada com o auxílio do programa Ritmo Análise®.

5.8 Realização dos *Transects* Móveis

A etapa de campo consistiu na realização de dois *transects* móveis. Esta técnica baseia-se na mensuração dos dados ao longo de uma malha de pontos previamente estabelecidos, visando coletar registros de temperatura em diversos pontos com características geourbanas e geológicas distintas. A partir dos dados coletados é possível identificar eventuais contrastes térmicos existentes entre ambientes urbanos e rurais ou no interior da área urbanizada.

Os procedimentos técnicos e operacionais e os horários estabelecidos para a realização das medições itinerantes seguiram as recomendações de Fialho (2009, 2012) e Fialho *et al.* (2016). Foram utilizados dois automóveis com sensores digitais presos em hastes de PVC de 1,5m. Os sensores modelo MINIPA estavam alocados em abrigos de PVC para evitar a ação direta do sol e da turbulência do ar (Figura 33).

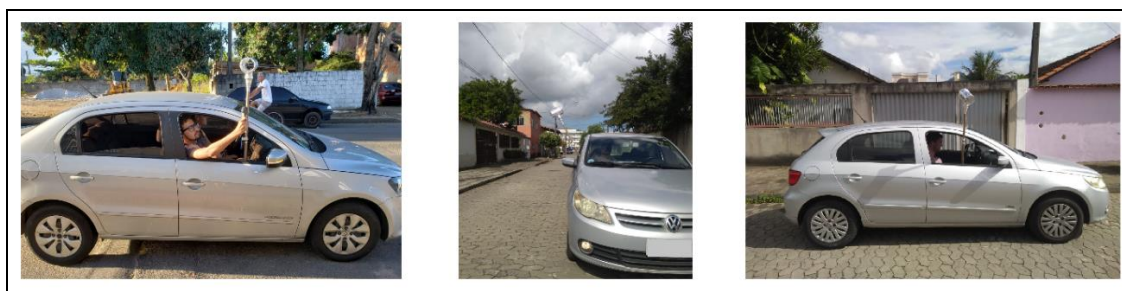


Figura 33 - Termohigrômetros digitais modelo Minipa em seus miniabrigos de PVC e veículos utilizados nas coletas de dados.

Fonte: Wemerson Diascanio Oliveira

A partir dos pontos e rotas previamente estabelecidos, foram realizados dois trajetos de maneira simultânea: o *transects* interior (*transects* 1) e o *transects* litoral (*transects* 2) (Figura 27).

As medições foram realizadas procurando abranger a estação quente e chuvosa (verão) e a estação amena e seca (inverno). A primeira coleta de dados ocorreu no dia 17/01/2018 (quarta-feira) às 10h00min, 16h00min e 20h00min. A segunda medição itinerante foi realizada no dia 18/07/18/ (quarta-feira) às 9h00min, 15h00min e 20h00min.

Os horários definidos para a realização dos *transects* móveis sofreram adaptações relativas ao horário de verão na coleta do dia 17/01/2018 e, no caso da coleta noturna de ambos os *transects*, adaptações relacionadas às questões de segurança dos pesquisadores.

O tempo decorrido dos trajetos girou em torno de 1h. Em alguns períodos do dia, devido ao fluxo mais intenso de carros, o percurso chegou a durar 1h: 17min. Porém no período em que o trânsito estava mais livre o tempo decorrido foi um pouco menos de 60min.

Na tabela 11 foi elaborada uma síntese com as informações acerca dos episódios de coleta de dados.

Tabela 11 - Síntese das informações referentes aos episódios de coleta de dados

Data	Estação do Ano	Período	Rota	Horário inicial	Horário final	Tempo Total Decorrido
17/01/2018 Quarta Feira	Verão	Manhã	<i>Transect</i> Interior	10h	11h:16min	1h:16min (76 min)
			<i>Transect</i> Litoral	10h	11h:06min	1h:06min (66min)
		Tarde	<i>Transect</i> Interior	16h	17h:15min	1h:15min (75min)
			<i>Transect</i> Litoral	16h	17h:04min	1h:04min (64min)
		Noite	<i>Transect</i> Interior	20h	21h:05min	1h:05min (65min)
			<i>Transect</i> Litoral	20h	21h	1h (60min)
18/07/2018 Quarta Feira	Inverno	Manhã	<i>Transect</i> Interior	9h	10h:17min	1h:17min (77 min)
			<i>Transect</i> Litoral	9h	10h:16min	1h:16min (77 min)
		Tarde	<i>Transect</i> Interior	15h	16h:13min	1h:13min (73min)
			<i>Transect</i> Litoral	15h	16h:09min	1h:09min (79min)
		Noite	<i>Transect</i> Interior	20h	21h:06min	1h:06min (66min)
			<i>Transect</i> Litoral	20h	20h:58min	<1h (58 min)

Fonte: Wemerson Diascanio Oliveira

5.9 Correção dos Dados Atmosféricos

Os dados de temperatura coletados a partir dos *transects* móveis não medem as variáveis climáticas de forma simultânea nos diferentes pontos do meio urbano. Neste sentido, devido à defasagem de tempo entre as mensurações, os valores podem apresentar alterações decorrentes do aquecimento ou resfriamento atmosférico ao longo do tempo decorrido do

trajeto. Visando minimizar este efeito, a literatura propõe a correção dos valores de temperatura a partir de dados de uma estação fixa (CHARABI, 2000; FIALHO, 2009; MARTÍNEZ, 2014; CORREA, 2014; LECONTE, 2014; ALONSO, 2017).

Entretanto, considerando a grande extensão da área de estudo, assim como sua heterogeneidade geourbana e geoecológica, esta pesquisa, baseada nas proposições de Allocca *et al* (2018) e Oliveira *et al* (2018), efetuou a correção dos dados de maneira setorizada. Assim, os valores de temperatura oriundos das coletas móveis foram corrigidos a partir de um ponto fixo localizado no seu setor. A correção foi realizada a partir da seguinte equação:

Equação 1: Equação de correção dos dados diurnos e noturnos dos transects móveis.

$$T = T_{sc} \pm (t_d \times \frac{\Delta T}{\Delta h})$$

T (temperatura corrigida); T_{sc} (temperatura sem correção); t_d (tempo decorrido); ΔT (variação de temperatura); Δh (variação horária)

Os pontos fixos foram programados para mensurar os dados de temperatura a cada 10 minutos. Para executar a correção, observa-se no ponto fixo a variação da temperatura desde o início do *transect* até o momento da leitura do ponto móvel. Em seguida divide-se esta variação de temperatura pela variação horária em minutos também do início do *transect* até o momento da coleta móvel. A razão desse cálculo irá gerar a variação da temperatura por minuto e este valor será multiplicado pelo tempo decorrido do trajeto até o momento. Quando se observa resfriamento do ar atmosférico no intervalo de tempo calculado, o produto é adicionado ao valor sem correção. Nos momentos em que se observa aquecimento atmosférico, subtrai-se o produto à temperatura aferida no ponto móvel.

5.10 Levantamento do Sky View Factor (S.V.F.)

A urbanização não ocorre de maneira uniforme em todo espaço, ostentando características ímpares nos mais diversos pontos da cidade. Como já discutido no presente texto, o comportamento dos elementos climáticos no dossel urbano é resultante de diversos fatores, sejam de ordem natural ou artificial.

Dentre os condicionantes derivados da ação humana, a geometria das estruturas urbanas é um dos principais aspectos a serem observados na análise climática. Segundo Oke (1978), a morfologia urbana interfere diretamente no balanço de energia superfície-atmosfera, uma vez

que favorece a absorção de ondas curtas e dificultam a dissipação do calor sensível devido à obstrução do horizonte local.

Uma das técnicas utilizadas na mensuração da influência do desenho urbano no microclima é o *Sky View Factor* (S.V.F.) ou Fator de Visão do Céu (MONTEIRO, 1990). Esta técnica consiste na quantificação de céu disponível para a troca de calor. O valor obtido através do S.V.F. varia de 0 à 1, sendo que quanto mais próximo de 0, maior a obstrução da abóbada celeste e quanto mais próxima de 1, menor a obstrução do horizonte. Desta forma, quanto menor for a obstrução do céu, maior é a incidência de energia térmica e mais rapidamente o calor é dissipado do dossel urbano. Já quando o local apresenta alta obstrução, a entrada direta de ondas curtas pode ser dificultada, no entanto a saída de ondas longas também se torna mais difícil, ocorrendo o aprisionamento do calor sensível nas camadas mais próximas à superfície (Figura 34).



Figura 34 - Modelo de dissipação do calor sensível em função dos valores de S.V.F.

Fonte: MeteoFrance, APUR (2010)

A relação entre os valores de S.V.F. e a temperatura atmosférica já vem sendo investigada no âmbito do BIOCLIMA (Laboratório de Biogeografia e Climatologia da Universidade Federal de Viçosa). Os estudos de Ferreira e Fialho (2016); Fernandes e Fialho (2016); Ferreira (2015) e Fernandes *et al* (2017), explicitam o grande peso da geometria urbana na configuração do campo térmico na cidade de Viçosa – MG.

Neste sentido, baseados nos procedimentos adotados pelo BIOCLIMA, este estudo realizou o levantamento dos valores de SVF e a trajetória polar (que indica o número de horas

aproximadas e em quais horários o ponto ficou exposto diretamente à radiação solar) de 41⁹ dos 42 pontos de coleta de dados (35 pontos móveis e 6 pontos fixos).

Para a obtenção do S.V.F. e da trajetória polar, inicialmente, com uma câmera fotográfica semiprofissional equipada com lente angular “olho de peixe” e afixada em um tripé a uma altura de 1,5m em relação à superfície, realizou-se os registros fotográficos hemisféricos de cada um dos pontos de coleta fixos e móveis.

Para a realização das fotografias, primeiramente a câmera foi nivelada com auxílio de um aplicativo de nível de bolha instalado gratuitamente em um smartphone Moto G 5S *plus*. Em seguida, utilizando-se a bússola existente no GPS Garmin 60CSx, posicionou-se a cabeceira da máquina fotográfica para o norte e, por fim, com a lente da câmera voltada para o céu, foram realizados os registros fotográficos. (Figura 35)



Figura 35 - Realização das fotos hemisféricas da abóboda celeste.

Fonte: Wemerson Diascanio Oliveira

Em um segundo momento, as imagens hemisféricas são tratadas no programa Adobe Photoshop CC a fim de se remover o céu da imagem (deixando apenas às construções, vegetação, eventuais aspectos do relevo, etc.).

Por fim, a imagem editada foi importada para o software Rayman¹⁰. Neste programa, a partir da atribuição de data, hora e localização geográfica, foi possível obter o valor de S.V.F. (valorado de 0 a 1) e a trajetória polar de cada um dos 42 pontos utilizados na pesquisa.

Com base na proposta de Collischonn e Ferreira (2015) (Tabela 12), os valores de SVF foram organizados em uma tabela e os pontos classificados em três classes de obstrução do seu,

⁹ Não foi possível realizar as fotos hemisféricas do ponto PC (rede RAMQAr - Arcelor Mittal) pois a empresa Arcelor Mittal Brasil não nos concedeu autorização.

¹⁰ O software Rayman é um programa desenvolvido por Andreas Matzarakis que possibilita a obtenção de valor de S.V.F., Trajetória Polar e índices de conforto térmico (PMV e PET). Sua aquisição pode ser realizada de forma gratuita através de requisição pelo site: <http://www.mif.uni-freiburg.de/RayMan>

sendo estas: locais com **alta obstrução**, apresentando SVF entre 0 e 0,400; locais com **obstrução moderada**, que possuem SVF no intervalo entre 0,401 a 0,700; e, por fim, locais de **baixa obstrução** aqueles com SVF na faixa de 0,701 a 1. (Tabela 13)



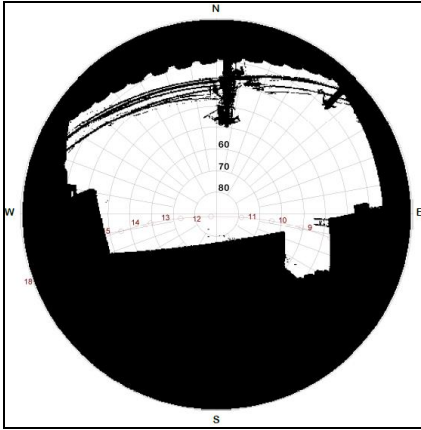
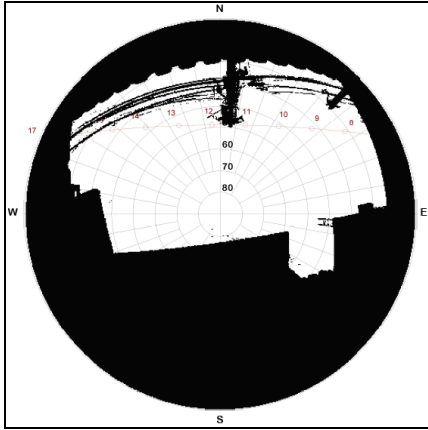


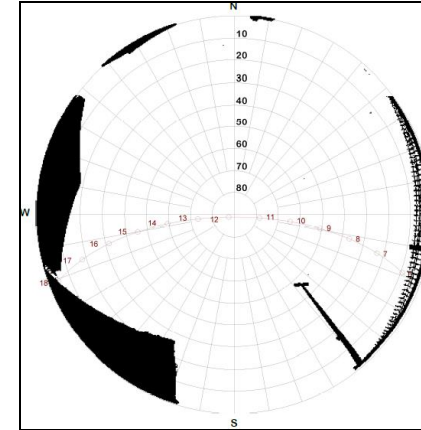
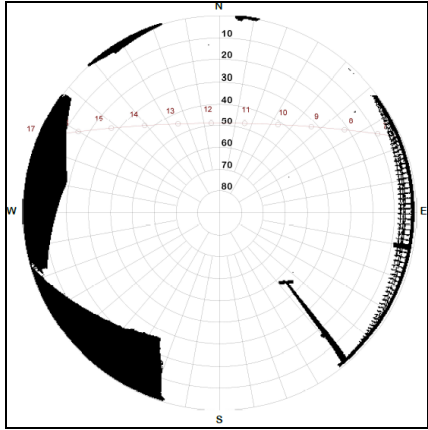
Tabela 12 - Classes de obstrução da abóboda celeste.

Classes de obstrução	Valores de SVF
Alta Obstrução	0 – 0,400
Obstrução Moderada	0,401 – 0,700
Baixa Obstrução	0,701 – 1

Fonte: Collischonn e Ferreira (2015)

Através de uma linha vermelha existente na imagem editada, é possível observar o número de horas aproximadas e em quais horários possivelmente o ponto ficou diretamente exposto. Na tabela13 pode ser observada a trajetória aparente do sol no verão e no inverno.

Tabela 13 - Fotos hemisféricas, classificação dos pontos quanto à obstrução da abóboda celeste e trajetórias polar de verão e inverno.

Ponto de coleta e Valor de SVF	Abóboda Celeste	Trajetória Polar Verão	Trajetória Polar Inverno
Pontos Fixos			
Ponto A: Feu Rosa SVF: 0.415 (Mod. Obst.) 			
Ponto B: IFES SVF: 0.903 (Baixa Obst.) 			

**Ponto C: Arcelor Mital
(RAMQAr)**

SVF: Sem Informação



FOTO INDISPONÍVEL



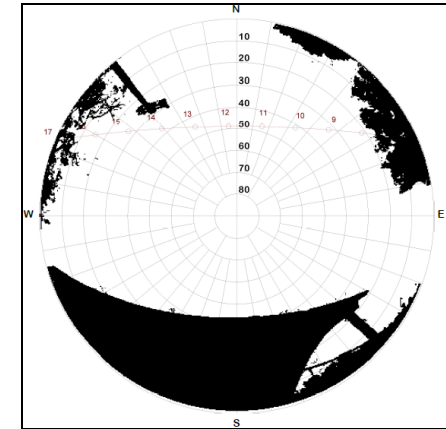
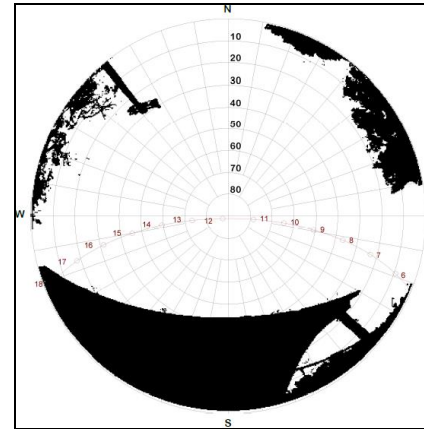
FOTO INDISPONÍVEL

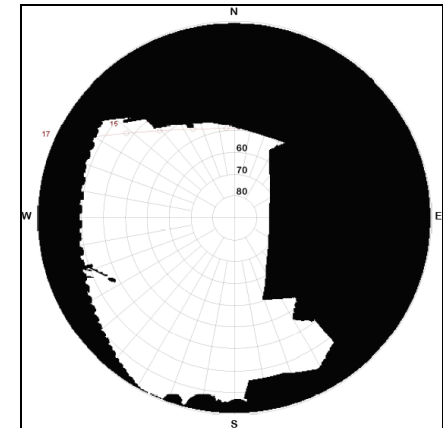
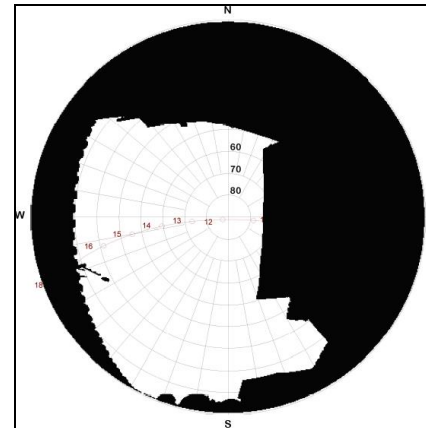
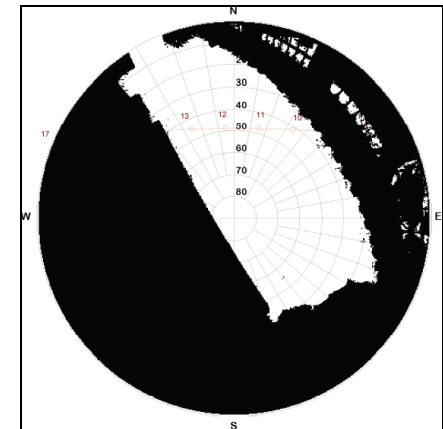
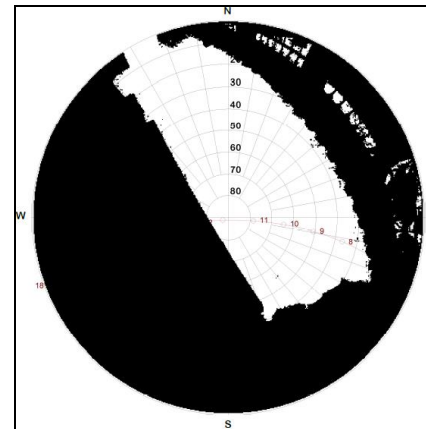


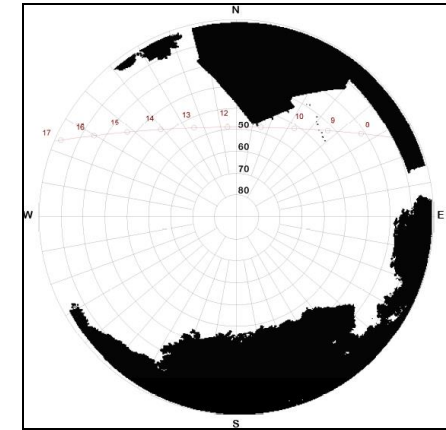
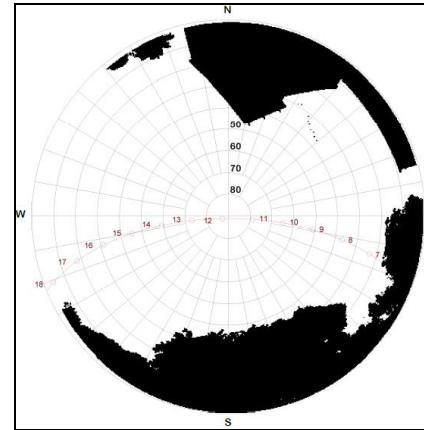
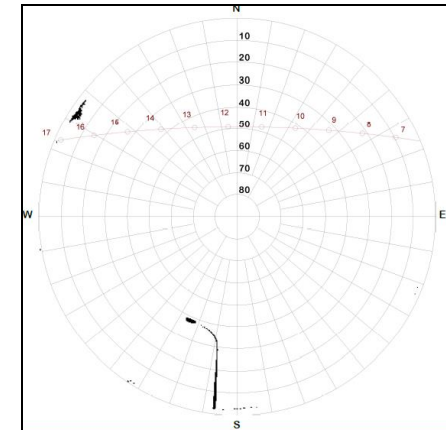
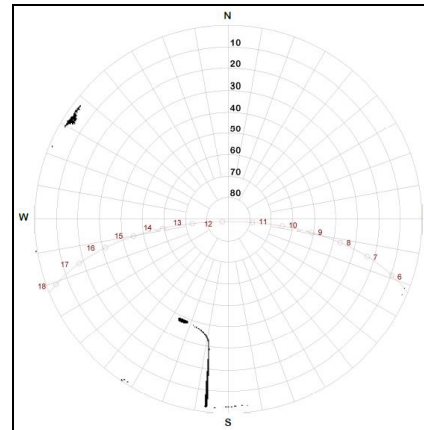
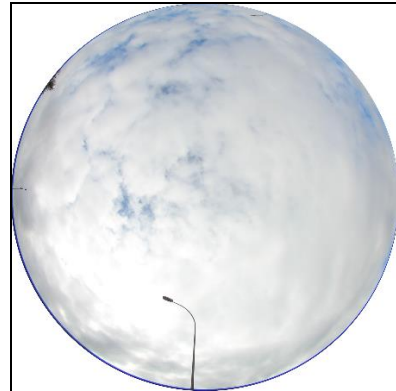
FOTO INDISPONÍVEL

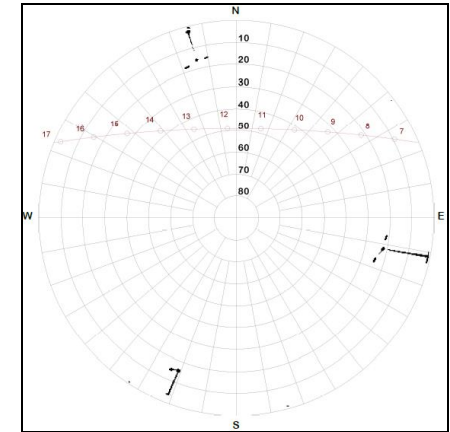
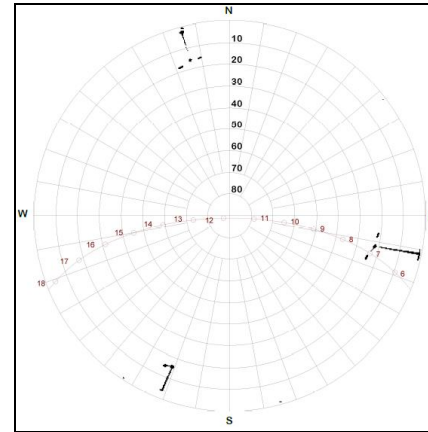
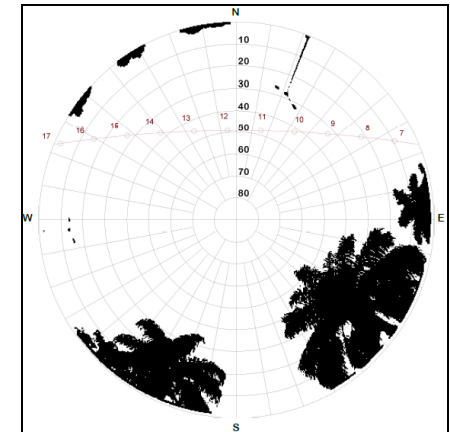
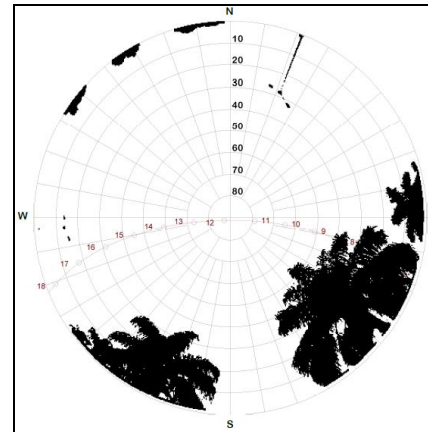
Ponto D: Barcelona

SVF: 0.761 (Baixa Obst.)



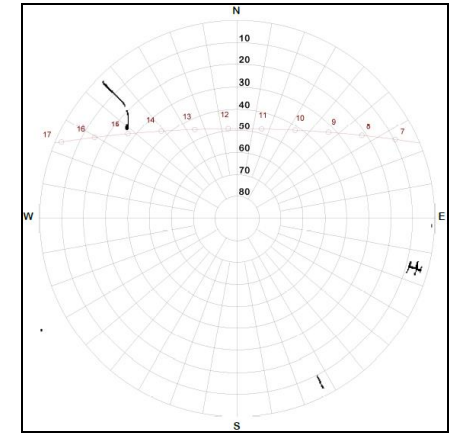
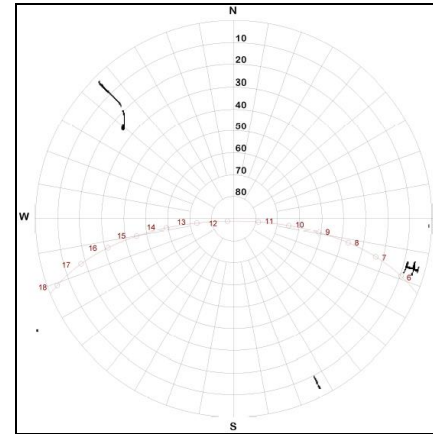
Ponto E: Valparaíso**SVF: 0.451 (Mod. Obst.)****Ponto F: Carapina****SVF: 0.343 (Alta Obst.)**

Ponto G: Pitanga**SVF: 0.736 (Baixa Obst.)****Pontos móveis – Transecto Interior****Ponto 1: Alphaville****SVF: 0.995 (Baixa Obst.)**

Ponto 2: TIMS**SVF: 0.998 (Baixa Obst.)****Ponto 3: Pavilhão de Carapina****SVF: 0.836 (Baixa Obst.)**

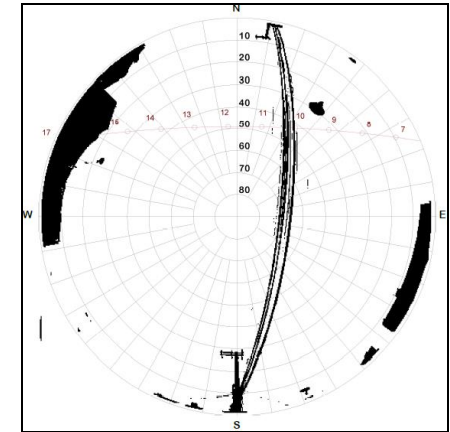
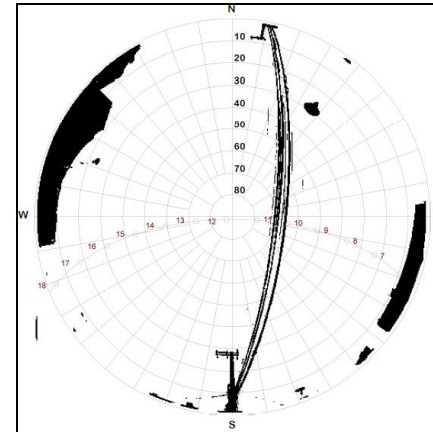
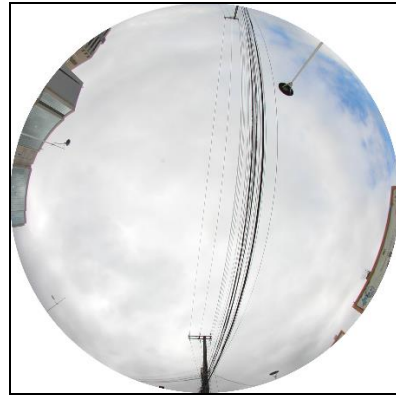
Ponto 4: BR 101 – Posto Petrobrás

SVF: 0.999 (Baixa Obst.)



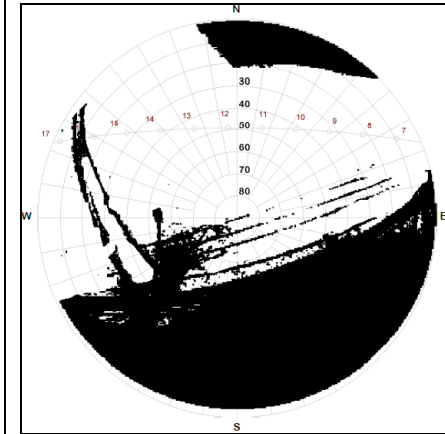
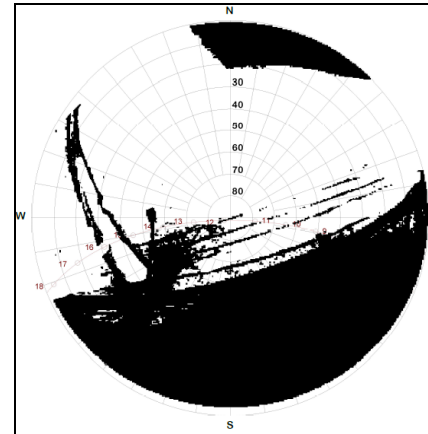
Ponto 5: Shopping Mont Serrat

SVF: 0.920 (Baixa Obst.)



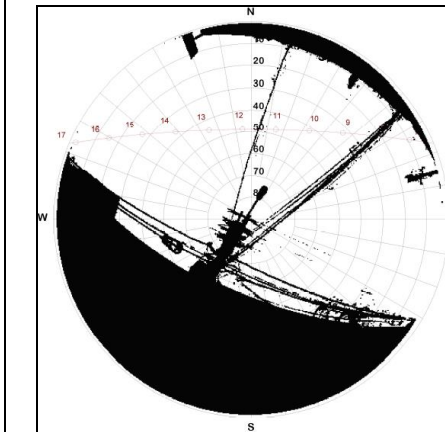
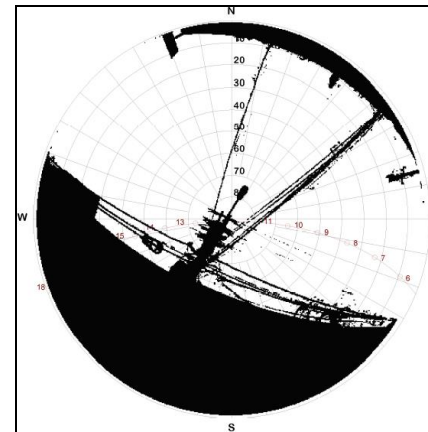
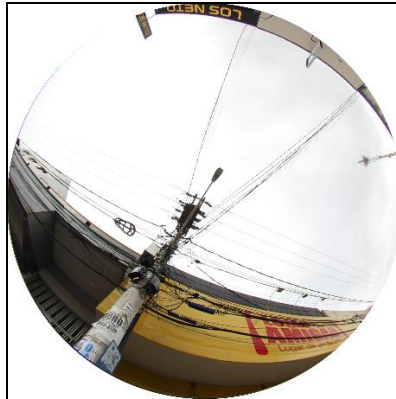
**Ponto 6: Megalar –
Av. Central**

SVF: 0.576 (Obst. Mod.)



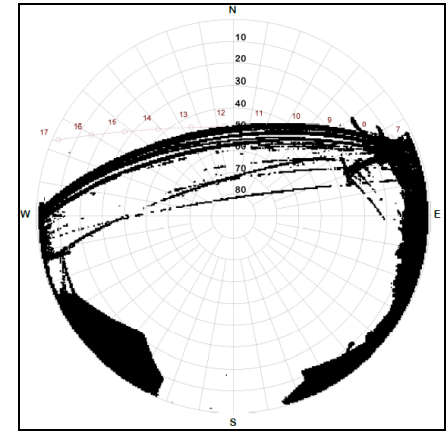
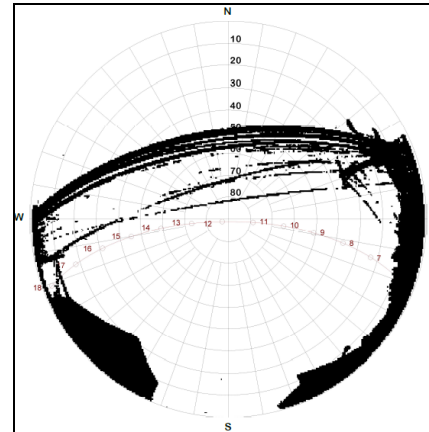
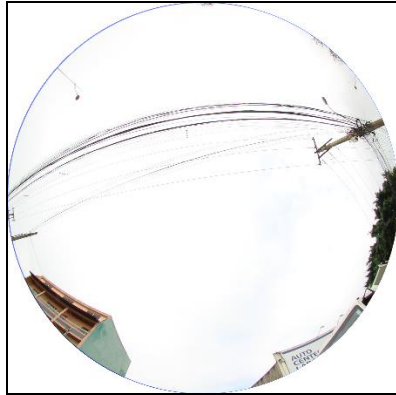
**Ponto 7: Los Neto – Av.
Central**

SVF: 0.620 (Obst. Mod.)



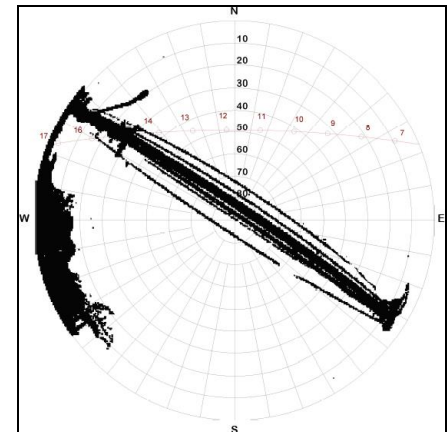
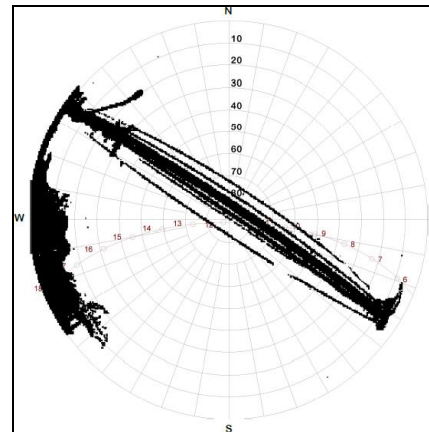
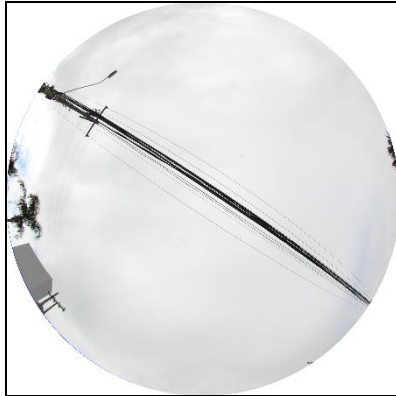
**Ponto 8: Rotatória do
Hospital Dório Silva**

SVF: 0.832 (Baixa Obst.)



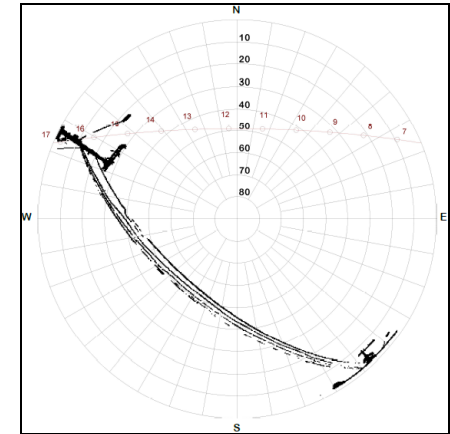
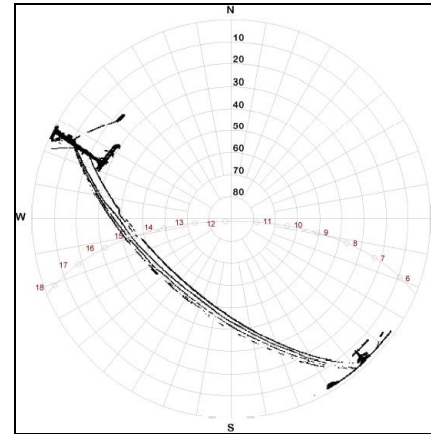
**Ponto 9: Expresso
Jundiaí**

SVF: 0.884 (Baixa Obst.)



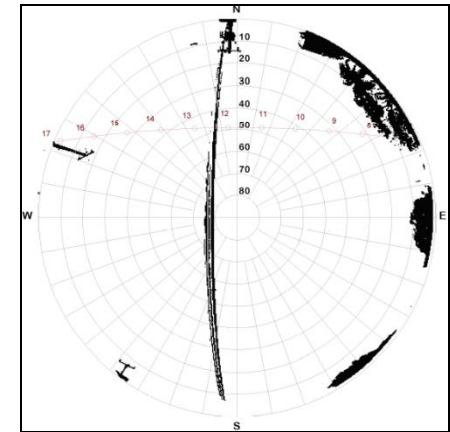
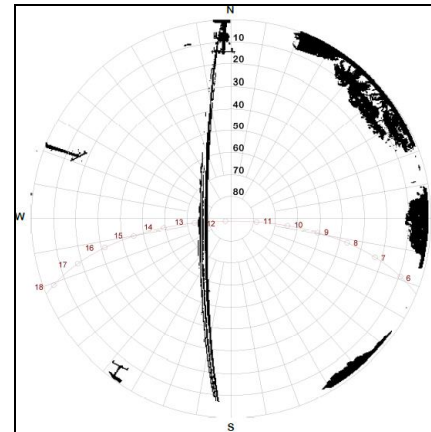
**Ponto 10: Boulevard
Lagoa**

SVF: 0.981 (Baixa Obst.)



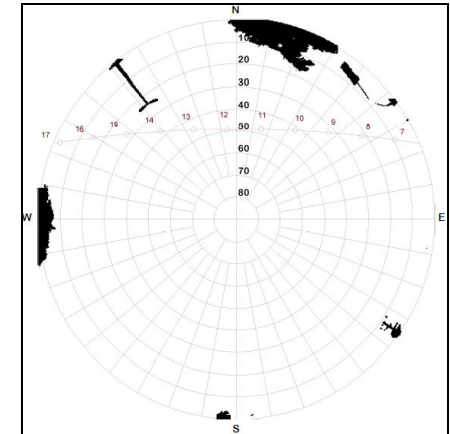
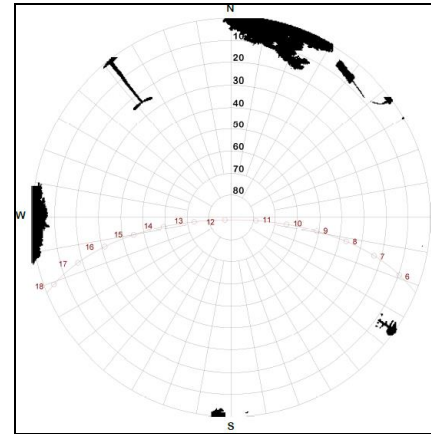
Ponto 11: CIVIT

SVF: 0.949 (Baixa Obst.)



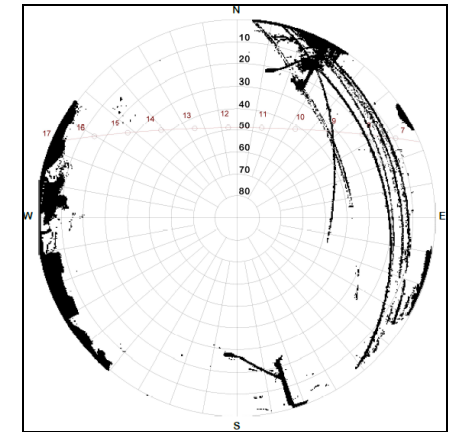
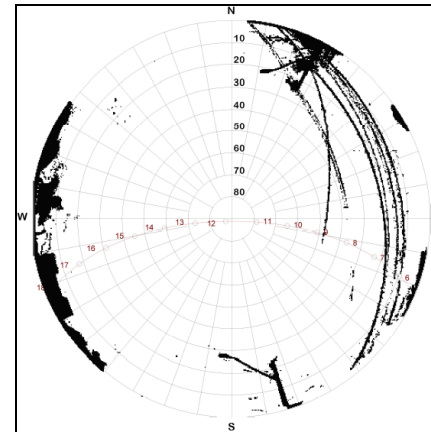
**Ponto 12: Terminal de
Laranjeiras**

SVF: 0.975 (Baixa Obst.)



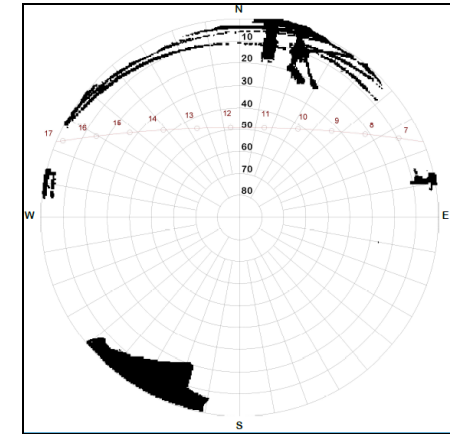
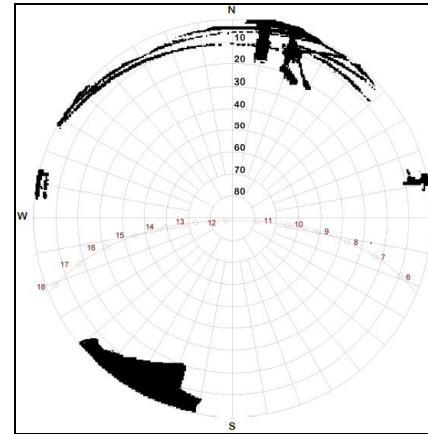
**Ponto 13: Cond. Parque
Colombo**

SVF: 0.924 (Baixa Obst.)



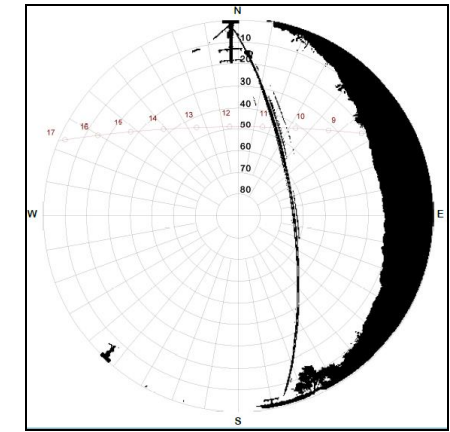
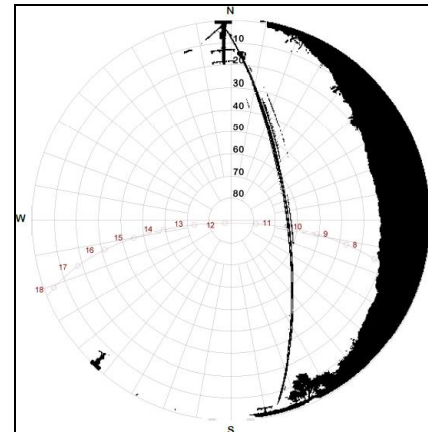
Ponto 14: Cond. Parque Itatiaia

SVF: 0.949 (Baixa Obst.)



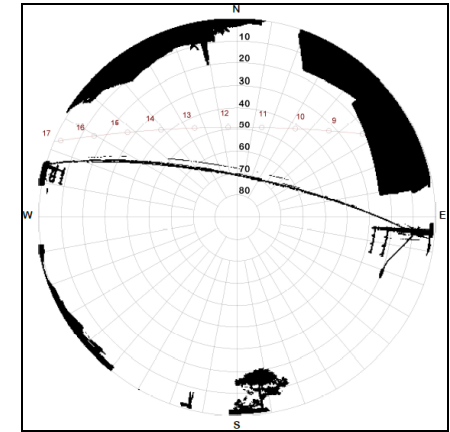
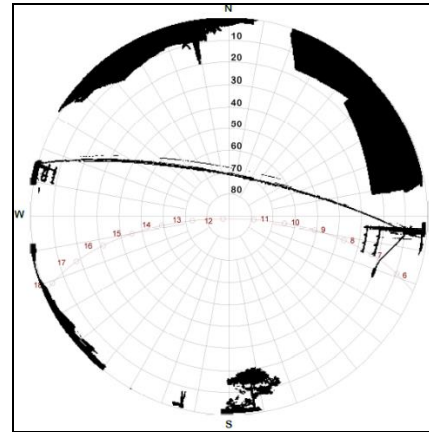
Ponto 15: Av. Norte Sul – Taquara

SVF: 0.882 (Baixa Obst.)



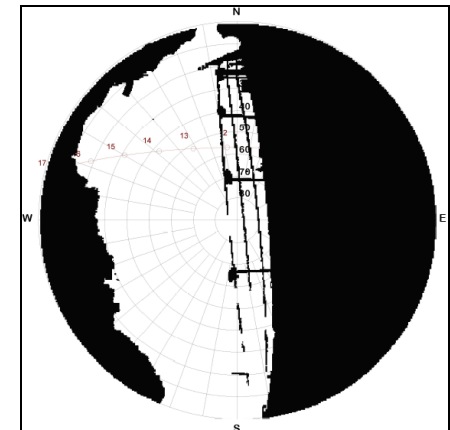
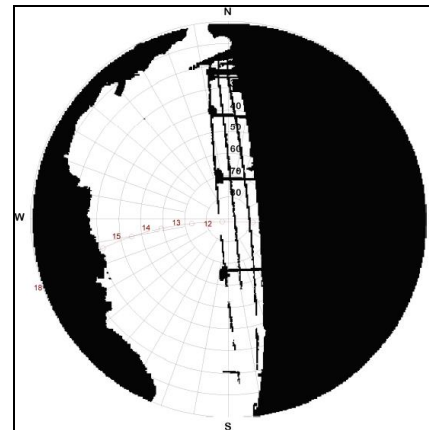
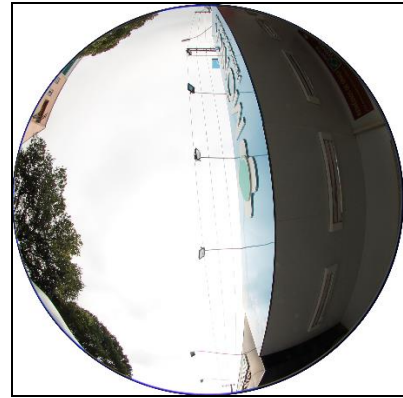
**Ponto 16: Shopping dos
Telhados**

SVF: 0.894 (Baixa Obst.)

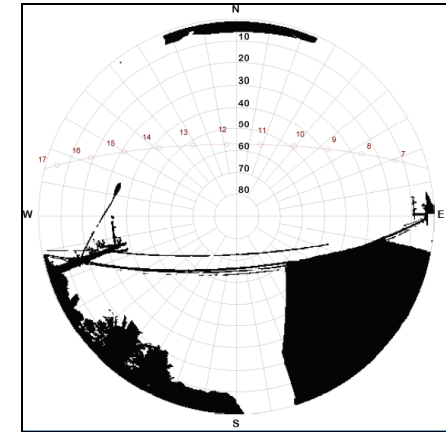
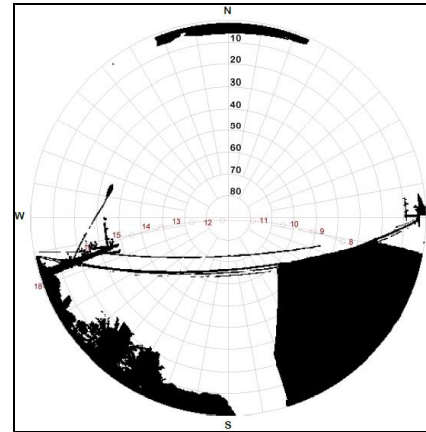


**Ponto 17: Farmácia
Mônica**

SVF: 0.449 (Obst. Mod.)

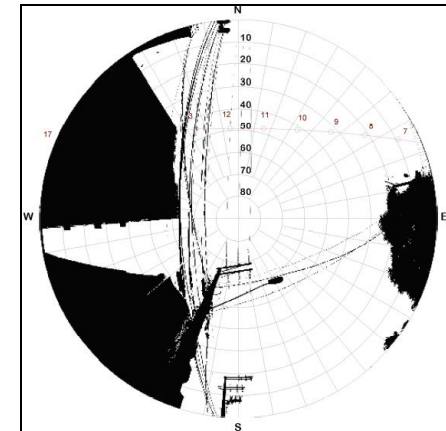
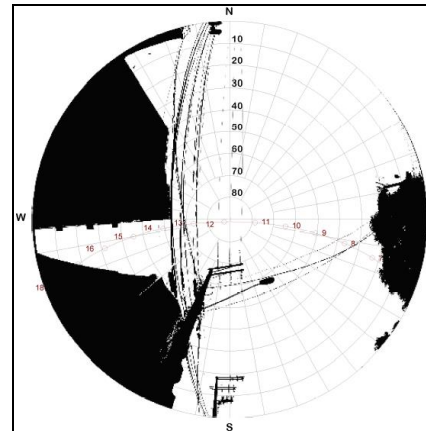


Ponto 18: Tubarão
materialis de construção
SVF: 0.802 (Baixa Obst.)



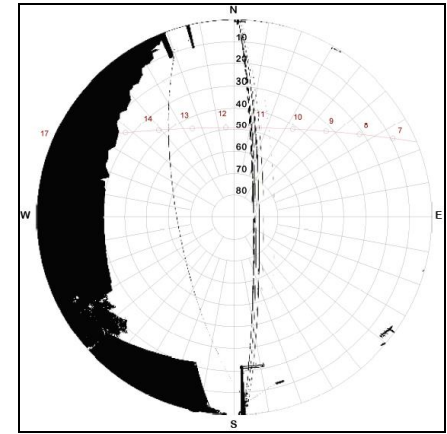
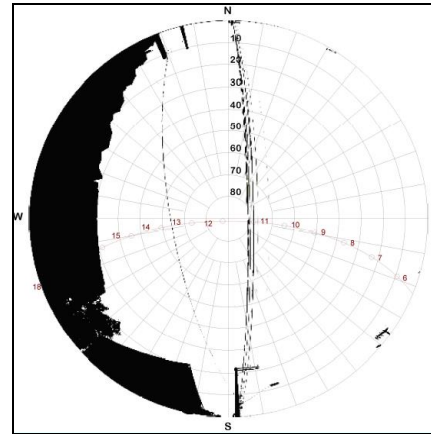
Pontos móveis – Transecto Interior

Ponto 19: ProMar
SVF: 0.682 (Obst. Mod.)



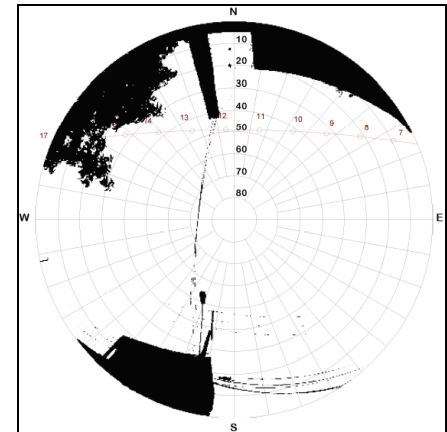
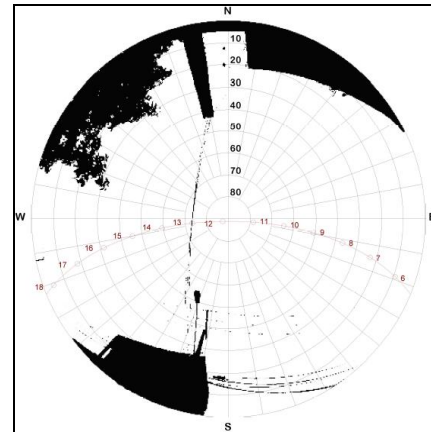
Ponto 20: Pousada Cores do Mar

SVF: 0.827 (Baixa Obst.)



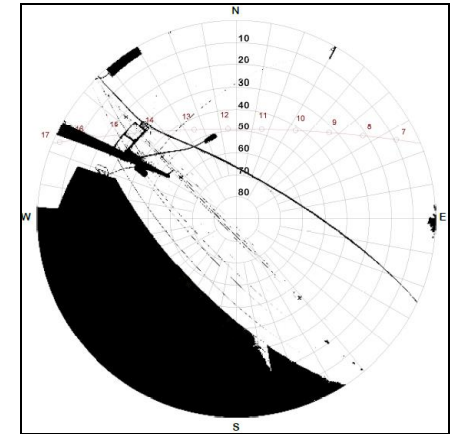
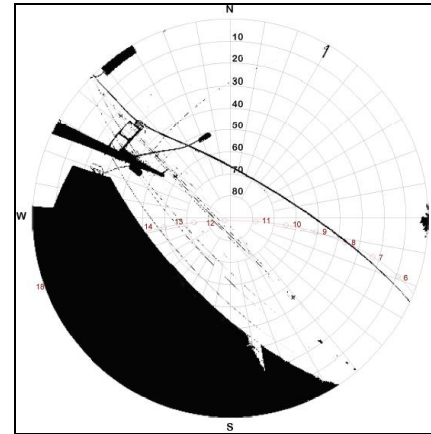
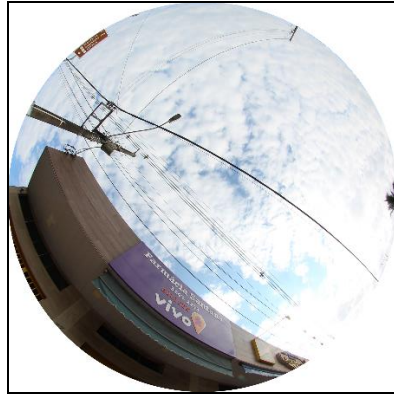
Ponto 21: Alarm Star

SVF: 0.837 (Baixa Obst.)



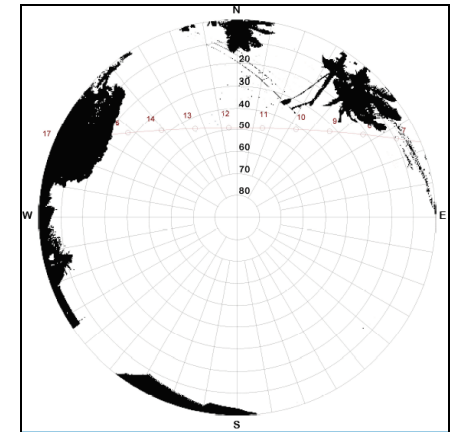
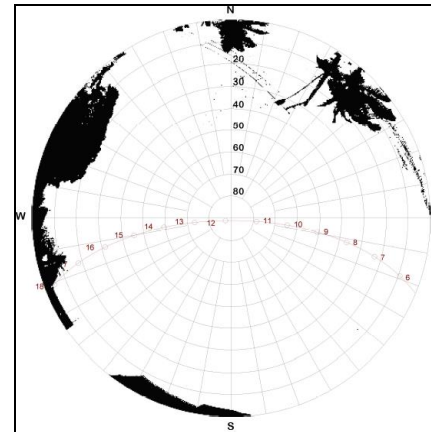
**Ponto 22: Padaria
Manguinhos**

SVF: 0.707 (Baixa Obst.)



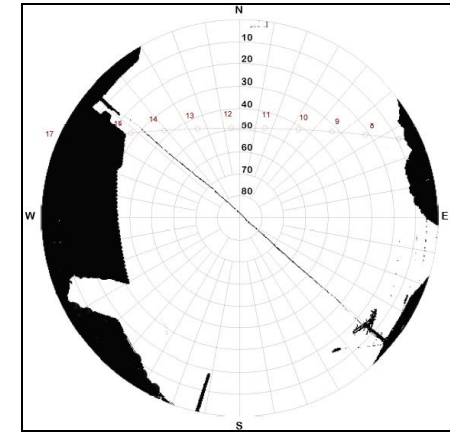
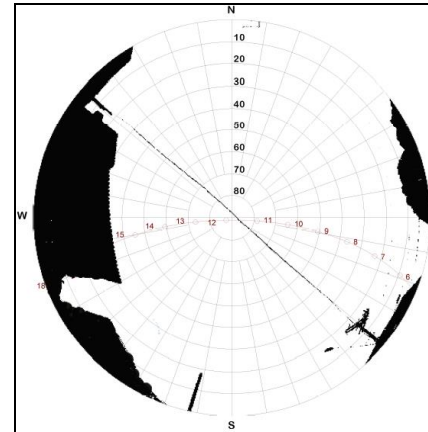
**Ponto 23: Aldeia
Manguinhos**

SVF: 0.853 (Baixa Obst.)



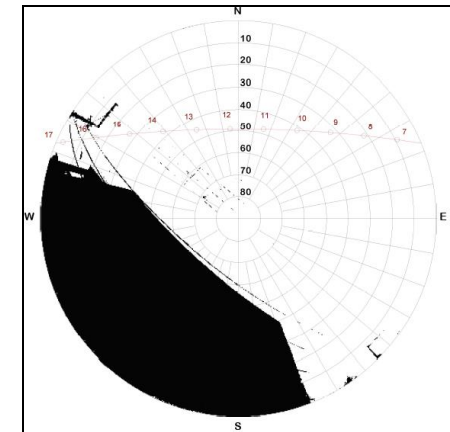
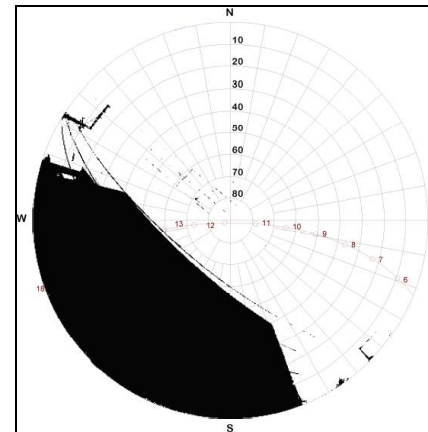
**Ponto 24: Panificadora
Brisa**

SVF: 0.853 (Obst. Mod.)



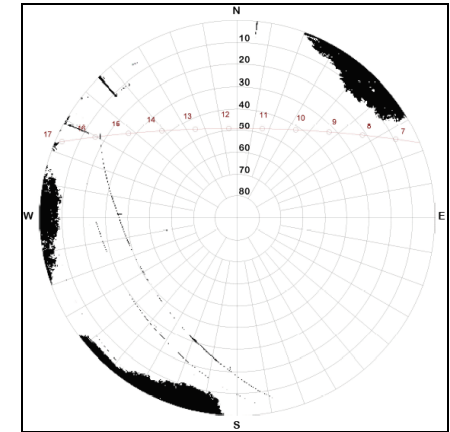
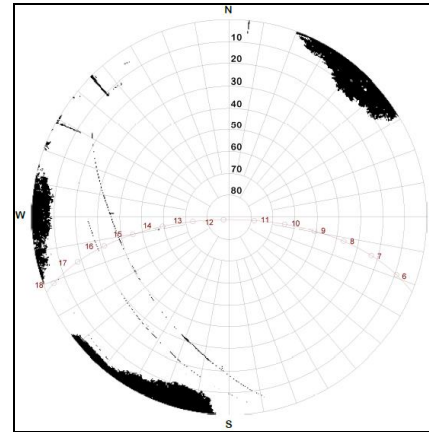
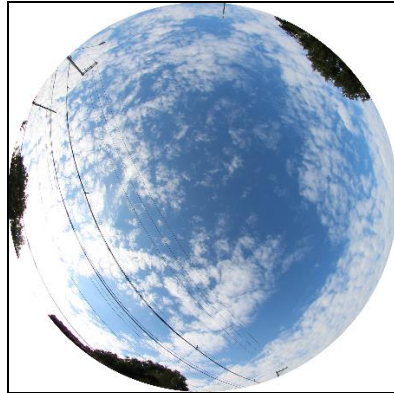
**Ponto 25: Rottwerller
materiais de construção**

SVF: (0.697 Obst. Mod.)



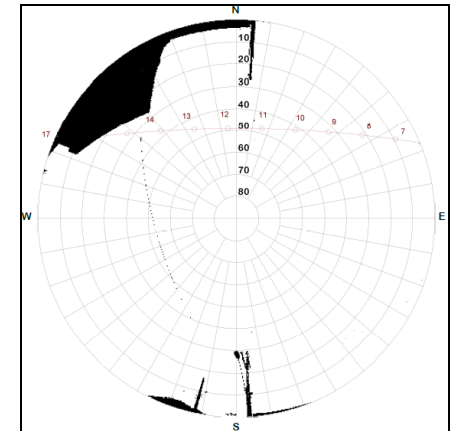
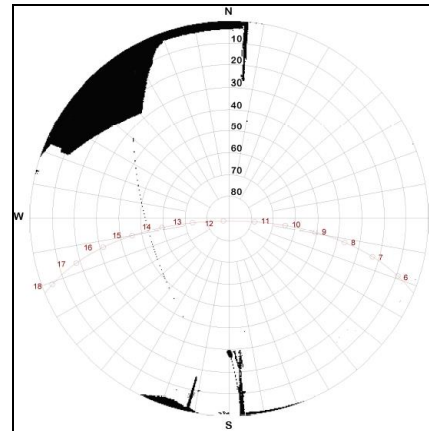
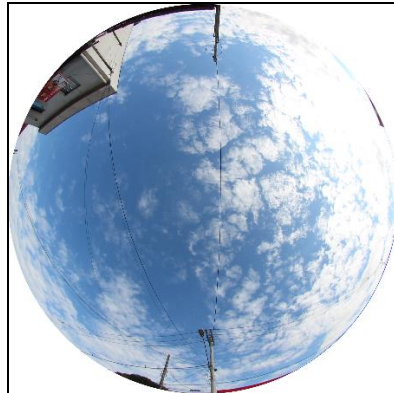
Ponto 26: Quiosque Mar e Sol

SVF: 0.956 (Baixa Obst.)



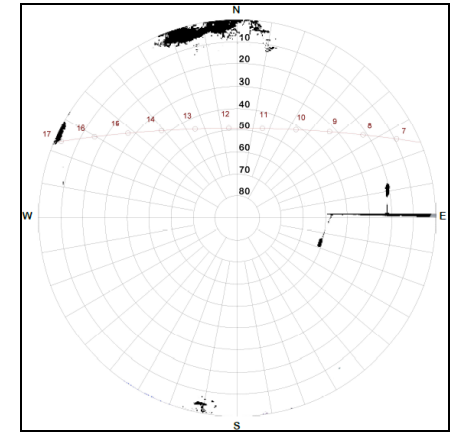
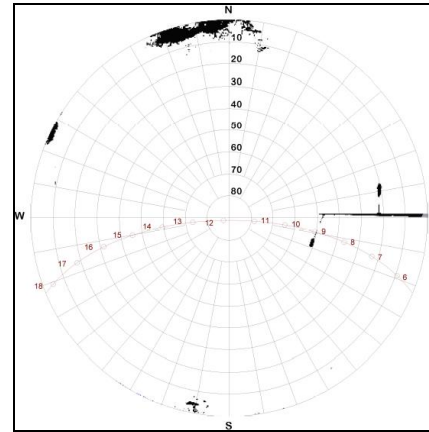
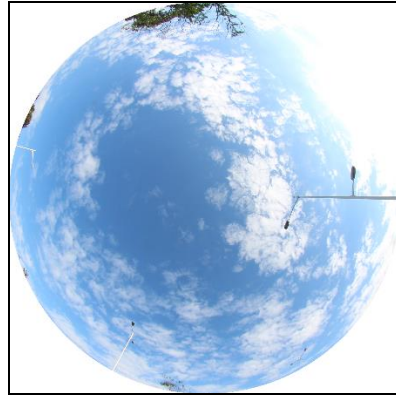
Ponto 27: Supermercado Nossa Rede

SVF: 0.946 (Baixa Obst.)



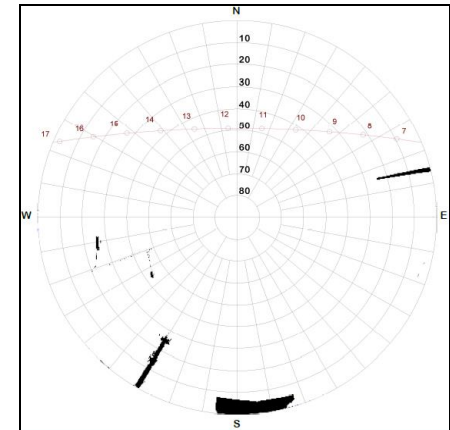
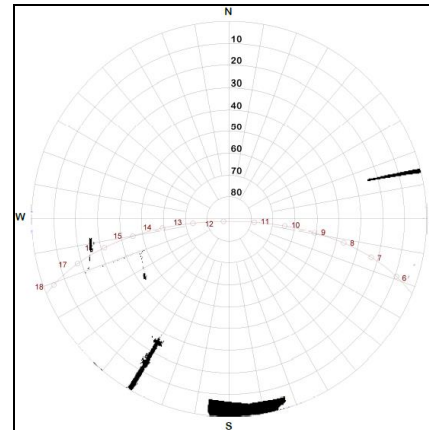
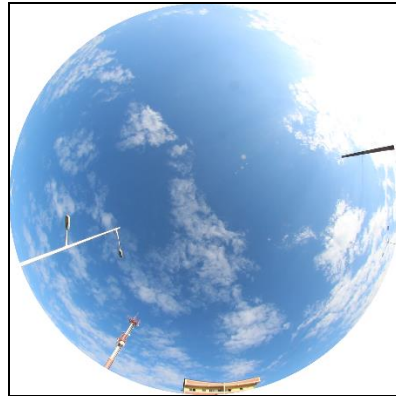
Ponto 28: Acampamento Salém

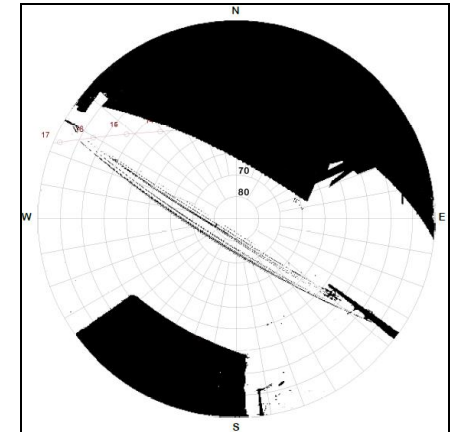
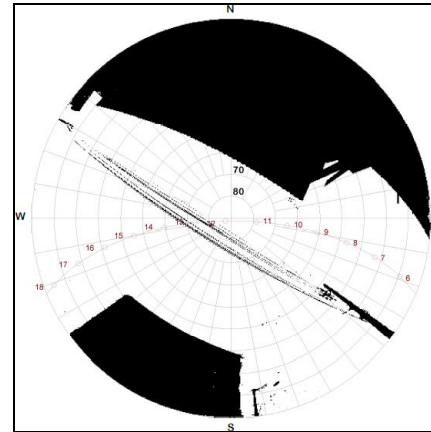
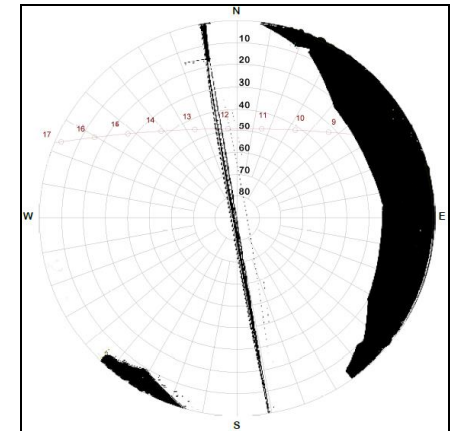
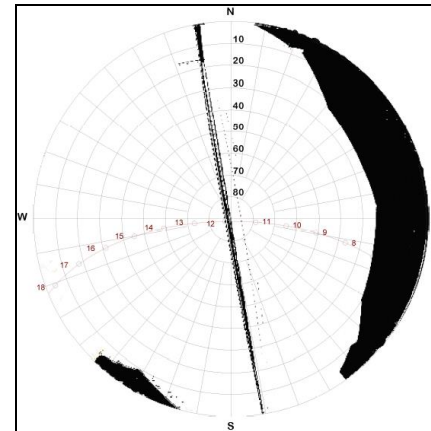
SVF: 0.988 (Baixa Obst.)



Ponto 29: Fundação Vale

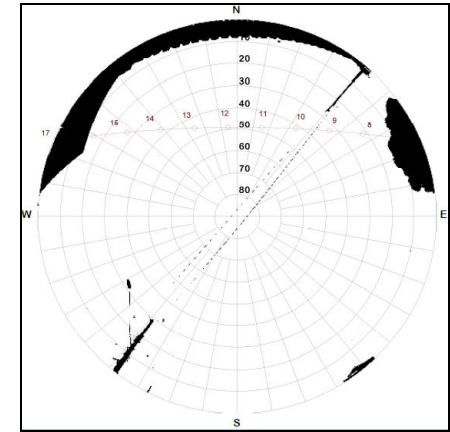
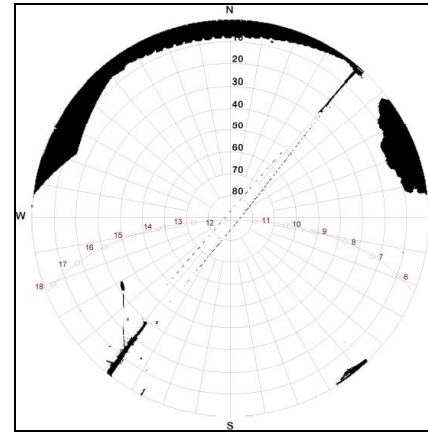
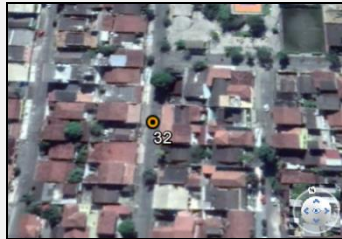
SVF: 0.988 (Baixa Obst.)



Ponto 30: Rede Farmes**SVF: 0.610 (Obst. Mod.)****Ponto 31: Sindian****SVF: 0.855 (Baixa Obst.)**

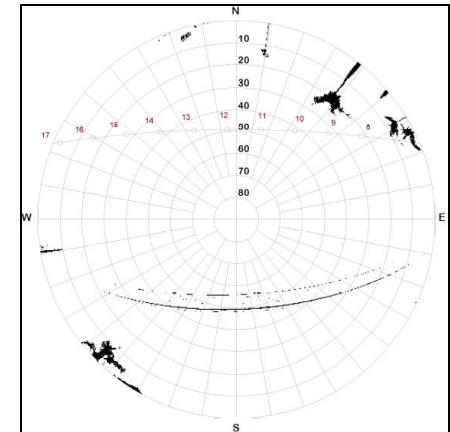
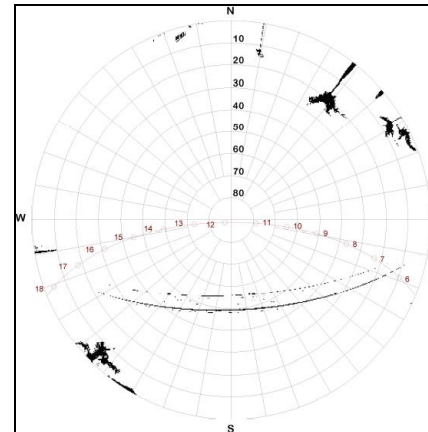
**Ponto 32: Pracinha de
São Diogo**

SVF: 0.932 (Baixa Obst.)



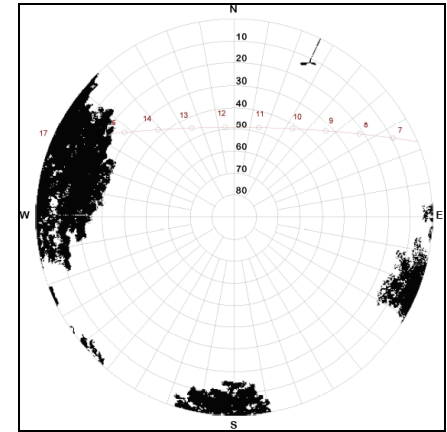
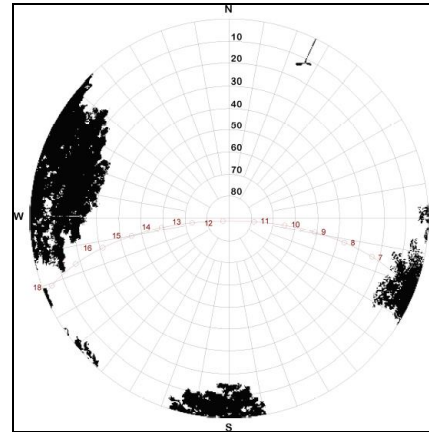
**Ponto 33: Supermercado
Sempre Tem
(Av. Norte-Sul)**

SVF: 983 (Baixa Obst.)



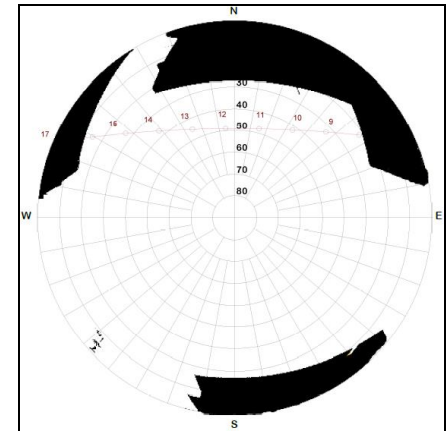
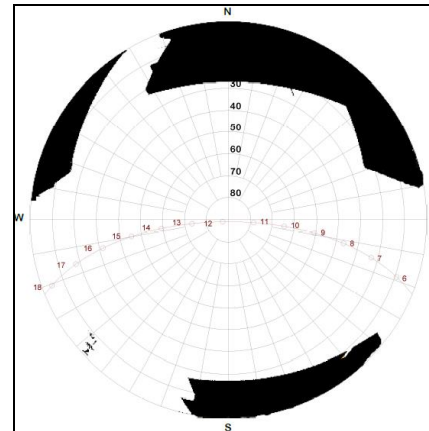
**Ponto 34: Parque da
Cidade**

SVF: 0.913 (Baixa Obst.)



**Ponto 35: Cardoso
Materiais de Construção**

SVF: 0.823 (Baixa Obst.)



O número de horas aproximadas de insolação e os horários específicos em que cada um dos pontos estiveram expostos à radiação direta do Sol nos períodos do verão e inverno também foram organizados em tabelas. (Tabela 14) e (Tabela 15).

Tabela 14 - Classificação do S.V.F. dos pontos fixos e móveis e horários de incidência solar direta (Verão).

Ponto	Horário													18:30
	5:30	6:30	7:30	8:30	9:30	10:30	11:30	12:30	13:30	14:30	15:30	16:30	17:30	
A														
B														
C														
D														
E														
F														
G														
1														
2														
3														
4														
5														
6														
7														
8														
9														
10														
11														
12														
13														
14														
15														
16														
17														
18														
19														
20														
21														
22														
23														
24														
25														
26														
27														
28														
29														
30														
31														
32														
33														
34														
35														
		Horários de Insolação Direta									Sem Informação			

Fonte: Wemerson Diascanio Oliveira

Tabela 15 - Classificação do S.V.F. dos pontos fixos e móveis e horários de incidência solar direta (Inverno).

Ponto	Horário											17:30
	6:30	7:30	8:30	9:30	10:30	11:30	12:30	13:30	14:30	15:30	16:30	
A												
B												
C												
D												
E												
F												
G												
1												
2												
3												
4												
5												
6												
7												
8												
9												
10												
11												
12												
13												
14												
15												
16												
17												
18												
19												
20												
21												
22												
23												
24												
25												
26												
27												
28												
29												
30												
31												
32												
33												
34												
35												
		Horários de Insolação Direta						Sem Informação				

Fonte: Wemerson Diascanio Oliveira

5.11 Interpolação dos Dados e Mapeamento do Campo Térmico

O ambiente SIG (Sistema de Informações Geográficas) proporciona uma série de métodos estatísticos para o cálculo e interpolação de dados variáveis que possuem correlação espacial entre si. Neste estudo foi utilizado o interpolador IDW (*Inverse Distances Weigth*), presente no software ArcMap 10.1.

O IDW baseia-se na dependência espacial entre os valores de cada ponto, assim, quanto mais próximos estiverem os pontos, maior será a correlação entre eles. Este interpolador utiliza o método estatístico “inverso da distância”.

A escolha pela utilização do método geoestatístico IDW se justificou pela maior precisão e fidelidade apresentado pelo seu produto cartográfico ao banco de dados.

Neste estudo também foi testado o interpolador Kriging, porém o mapeamento não foi condizente com os dados observados em campo. A Krigagem excluiu os valores máximos e mínimos de temperatura. Além disso, o valor bruto de temperatura não se enquadrava na categoria apresentada no mapa.

5.12 Quantificação do Índice de Radiação Solar Global

A radiação solar é um dos principais fatores controladores do clima. Por ser a maior fonte de energia do planeta Terra, afeta o comportamento da pressão atmosférica, da temperatura, do regime de ventos, umidade, etc. (ANGELOCCI *et al*, 2002).

Neste sentido, o presente estudo, mesmo se tratando de uma área com relevo plano e pouca variabilidade altimétrica, buscou quantificar o índice de radiação solar recebida por cada ponto de coleta fixo e móvel no período pesquisado.

O mapa de radiação solar (Figura 36) foi elaborado partir de uma imagem SRTM, utilizando-se a ferramenta *Solar Radiation* da extensão *Spatial Analyst* existente no software ArcMap 10.1. Este modelo estima a radiação solar global, direta e difusa considerando a influência da latitude, altitude, orientação da superfície (declividade e aspecto), efeitos atmosféricos, mudanças sazonais do ângulo do sol e efeitos de sombras projetadas por topografia circundante (SILVA, 2011).

Os procedimentos adotados na elaboração da carta foram baseados nas proposições de Fernandes Filho *et al*. (2011). Na opção latitude utilizou-se o valor oficial do município de

Serra – ES (-20° 07'). Para o período do verão atribuiu-se a data 21/12/2017 na opção Start Day e 19/03/2018 e na opção End Day. No inverno colocou-se a data 21/06/2018 (Start Day) e 22/09/2018 (End Day).

Após a confecção do mapa, foi extraído e tabelado o valor de radiação solar global de cada pixel nos quais foram realizadas coletas fixas e móveis. Foi realizada uma tabulação para a coleta de verão e uma para a coleta de inverno.

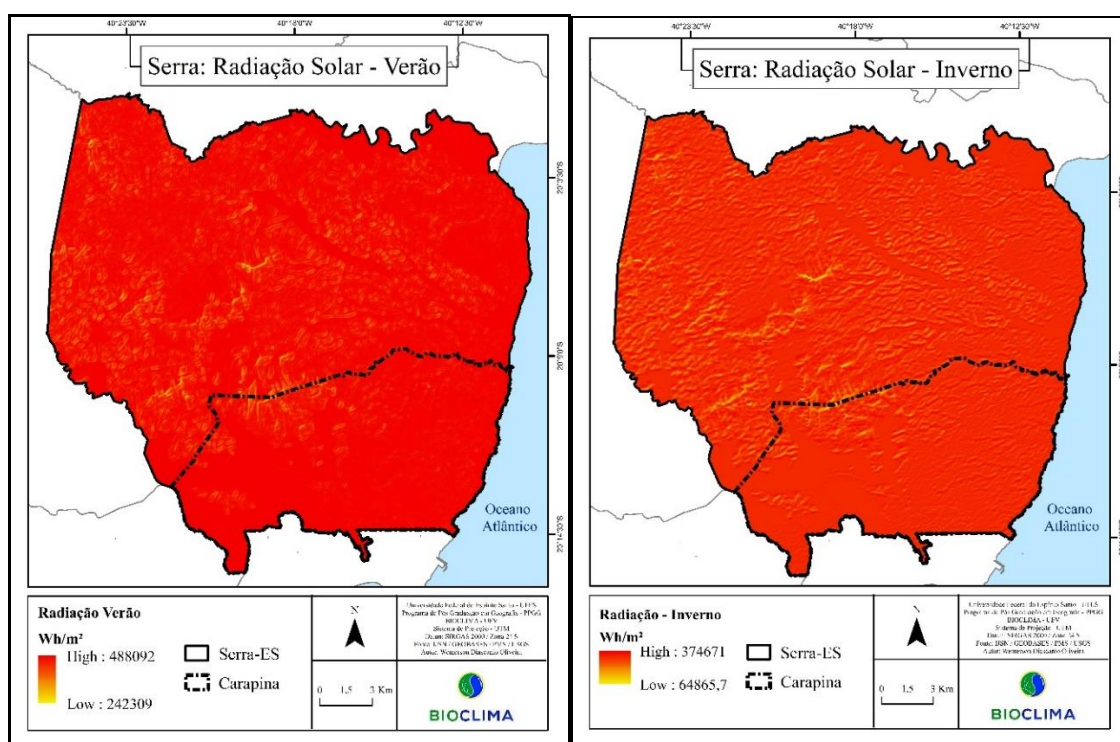


Figura 36 - Radiação solar global referente aos períodos de verão e inverno de 2018.

Fonte: Wemerson Diascanio Oliveira

5.13 Levantamento do Índice de Vegetação (NDVI)

As áreas verdes podem minimizar a temperatura atmosférica e superficial, uma vez que a evapotranspiração evita que o calor recebido ao longo do dia fique acumulado ao anoitecer. Além disso, a interceptação da radiação solar pela vegetação diminui a chegada de ondas longas na superfície, conforme exposto nos estudos de Alves e Vecchia (2014) e Alves (2017). Os autores demonstraram que o padrão térmico pode estar intimamente ligado aos índices de vegetação.

Para que se pudesse relacionar o índice de vegetação com os valores de temperatura de cada um dos pontos de coletas fixos e móveis, inicialmente foi elaborado um mapa de NDVI (*Normalized Difference Vegetation Index*). (Figura 37)

Proposto por Rouse *et al* (1973), o NDVI permite identificar a presença de vegetação e caracterizar sua distribuição espacial. O índice de vegetação é classificado em intervalos de -1 a 1, sendo os valores mais próximos de 1 apresentando os maiores índices de vegetação e os valores mais próximos de -1 demonstrando a menor presença de vegetação (BARBOSA *et al*, 2017).

A carta foi confeccionada no software ArcMap 10.1 a partir de imagens orbitais do satélite Landsat 8, sensor OLI (*Operational Land Imager*) – órbita 215, ponto 74, data de passagem 30 de 05 de 2018 e horário central 12h:37min.. As imagens foram adquiridas gratuitamente junto ao *United States Geological Survey* (USGS).

Após a elaboração do mapa de NDVI, foi extraído e tabelado o índice de vegetação de cada pixel no qual foi realizada a mensuração dos dados de temperatura e umidade relativa do ar e correlacionado com os valores de temperatura através da análise de Pearson.

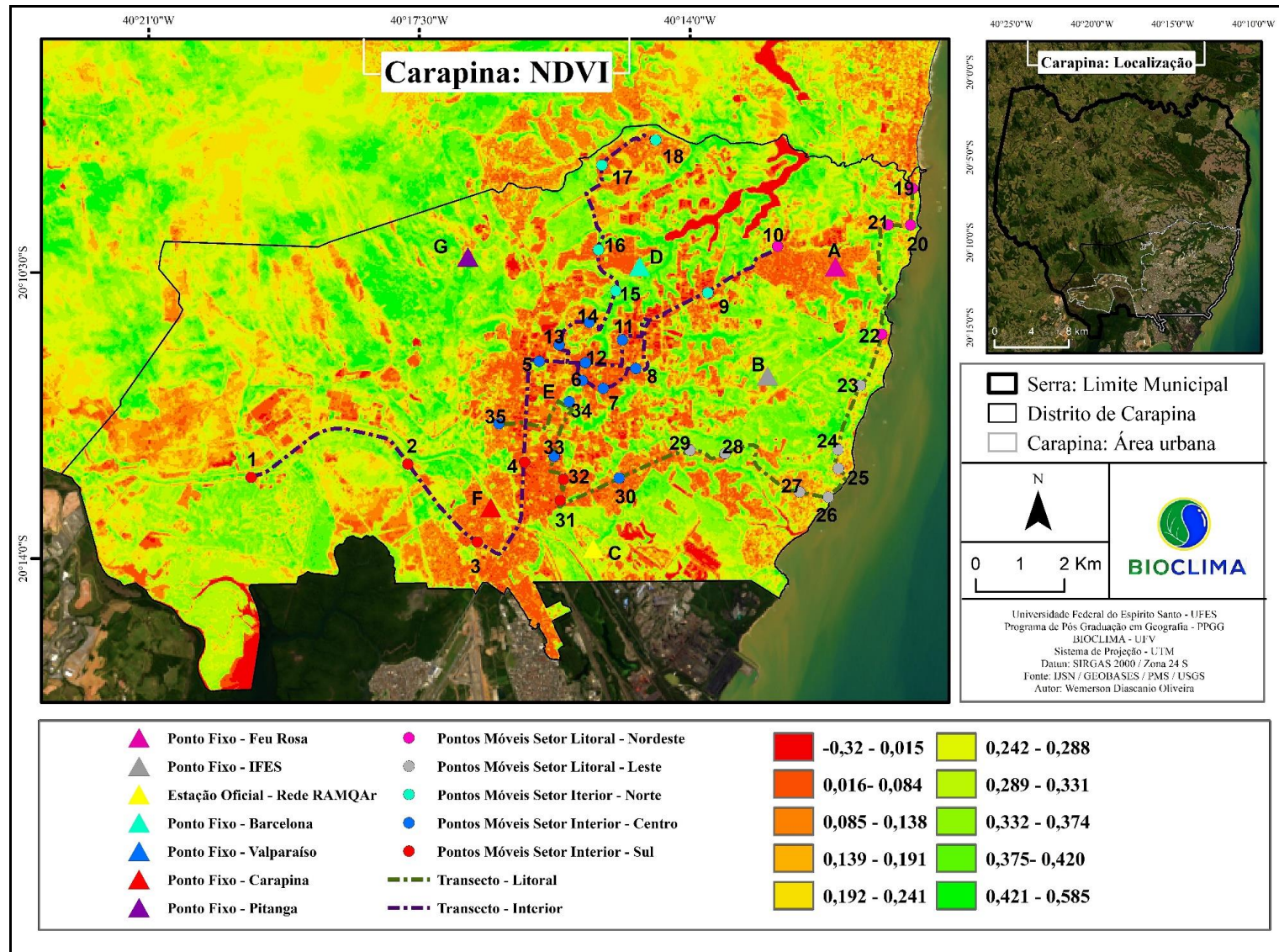


Figura 37 - Mapa de NDVI (Normalized Difference Vegetation Index).

Fonte: Wemerson Diascanio Oliveira

5.14 Levantamento do Tráfego Veicular

As circulações de veículos automotores podem contribuir de maneira efetiva para o aquecimento das cidades, uma vez que o calor gerado pelos carros, caminhões, ônibus e motocicletas pode ficar aprisionado no meio urbano, gerando assim desconforto térmico para a população (GIGUÈRRE, 2009).

Neste sentido, buscando observar a influência do tráfego veicular na caracterização do campo térmico do distrito de Carapina, foi realizada uma classificação das ruas nas quais foram executados os transects móveis e das ruas próximas aos locais de instalação dos pontos fixos em relação ao fluxo de veículos nelas existentes (Figura 38).

As ruas e avenidas foram classificadas em: trânsito com intensidade Alta, trânsito com intensidade Média e trânsito com intensidade Leve (Figura 38). Os parâmetros utilizados para a classificação foram baseados no relatório de qualidade do ar da RMGV, realizado pelo Instituto Estadual do Meio Ambiente e Recursos Hídricos (IEMA) e nos dados de fluxo oriundos do *Goole Maps* Trânsito.

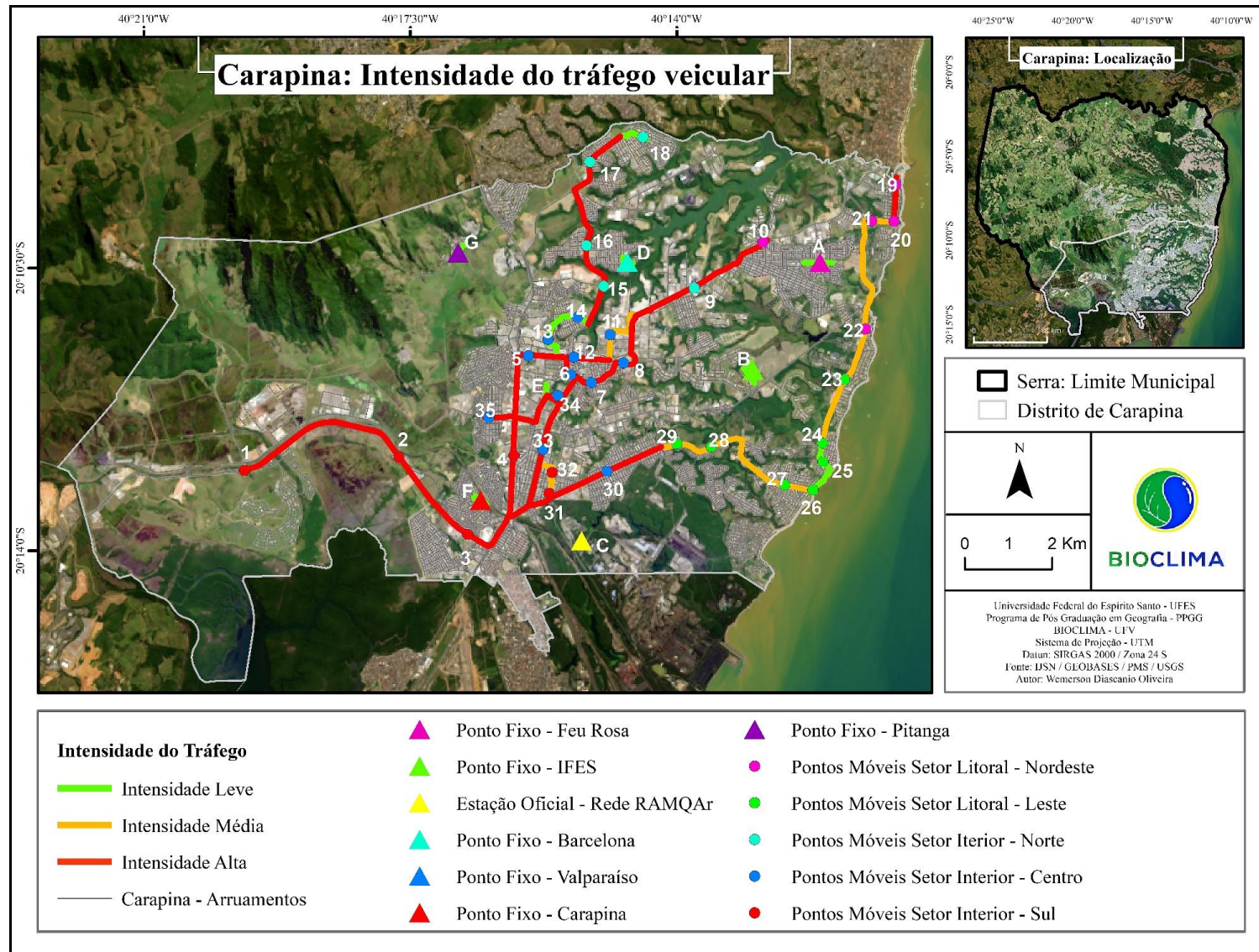


Figura 38 - Mapa de intensidade do tráfego veicular.

Fonte: Wemerson Diascanio Oliveira

6. RESULTADOS E DISCUSSÕES

6.1 Coleta de Verão

O trabalho de campo referente à análise de verão foi realizado no dia 17/01/2018 (quarta-feira). Foram executadas três coletas em horários distintos: 10h00min, 16h00min e 20h00min.

6.1.1 Condições Sinóticas da Coleta de Verão

Como pode ser observado no mosaico de cartas sinóticas (Figura 39), a área estudada esteve sob atuação da Alta Subtropical do Atlântico Sul (ASAS) no período pré-coleta (15/01 e 16/01), no dia em que foi realizado o trabalho de campo (17/01) e nos dois dias subsequentes (18/01 e 19/01).

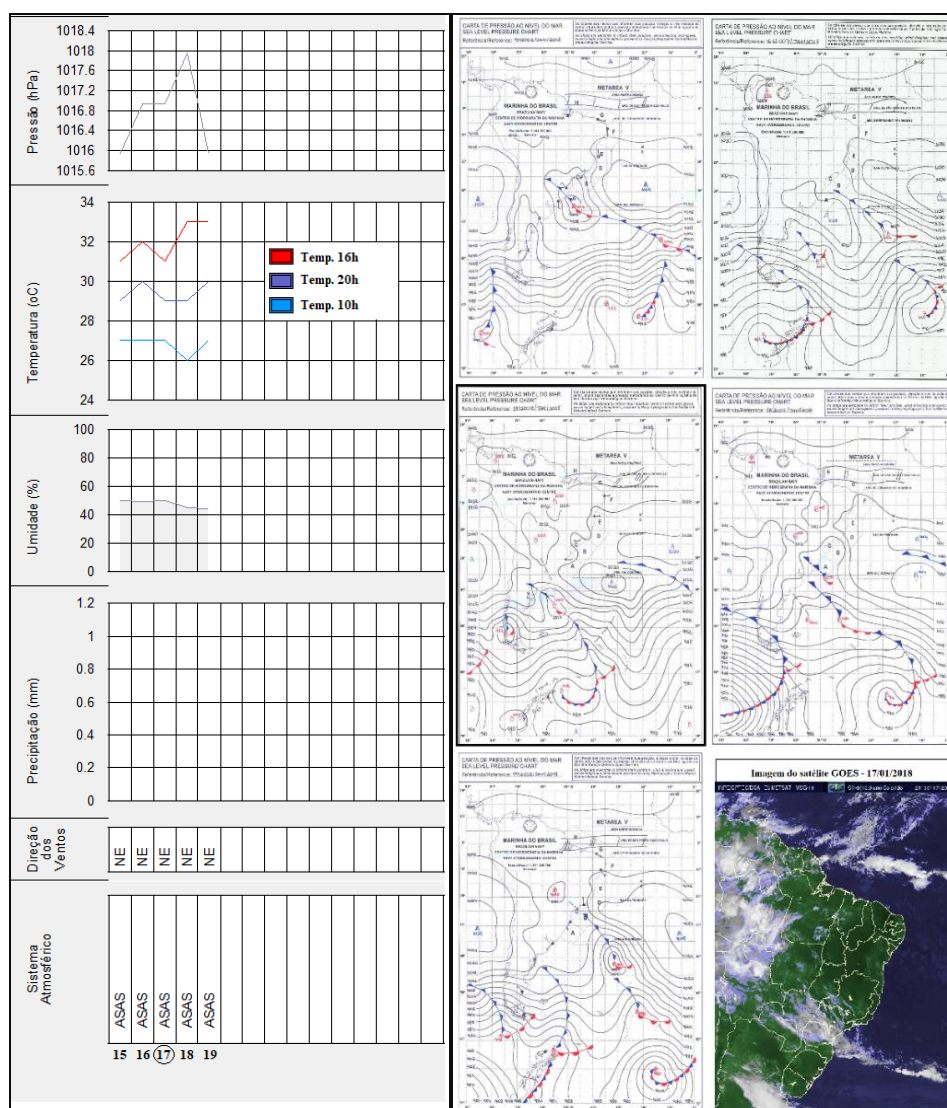


Figura 39 - Análise rítmica e cartas sinóticas dos dias 15/ 01 - 19/01.

Fonte: INMET; Marinha do Brasil; CPTEC/INPE **Elaboração:** Wemerson Diascanio Oliveira

Com a atuação desse sistema atmosférico, verificaram-se condições meteorológicas de céu claro e poucas nuvens. A Pressão atmosférica manteve-se alta, com valores variando entre aproximadamente 1016hPa e 1018hPa. As temperaturas permaneceram elevadas ao longo de todo o período e não se observou eventos de precipitação (Figura 39).

No dia 17/01, data do episódio de coleta de dados, foi verificada a atuação das brisas marítimas e oceânicas. Entre às 00h00min e às 2h00min houve predomínio de ventos oriundos do quadrante NE. A partir das 3h00min até às 10h00min os ventos continentais vindos de NO atuaram com maior intensidade. Com aquecimento da superfície continental a partir do fim da manhã e o aumento do gradiente térmico terra-mar, formou-se uma célula convectiva de baixa pressão no continente acarretando na inversão da direção dos ventos, que de 11h00min as 23h00min, passam a soprar do oceano (NE). Além disso, observou-se também o aumento da sua intensidade, chegando a atingir aproximadamente 8m/s a partir das 16h00min (Figura 40).

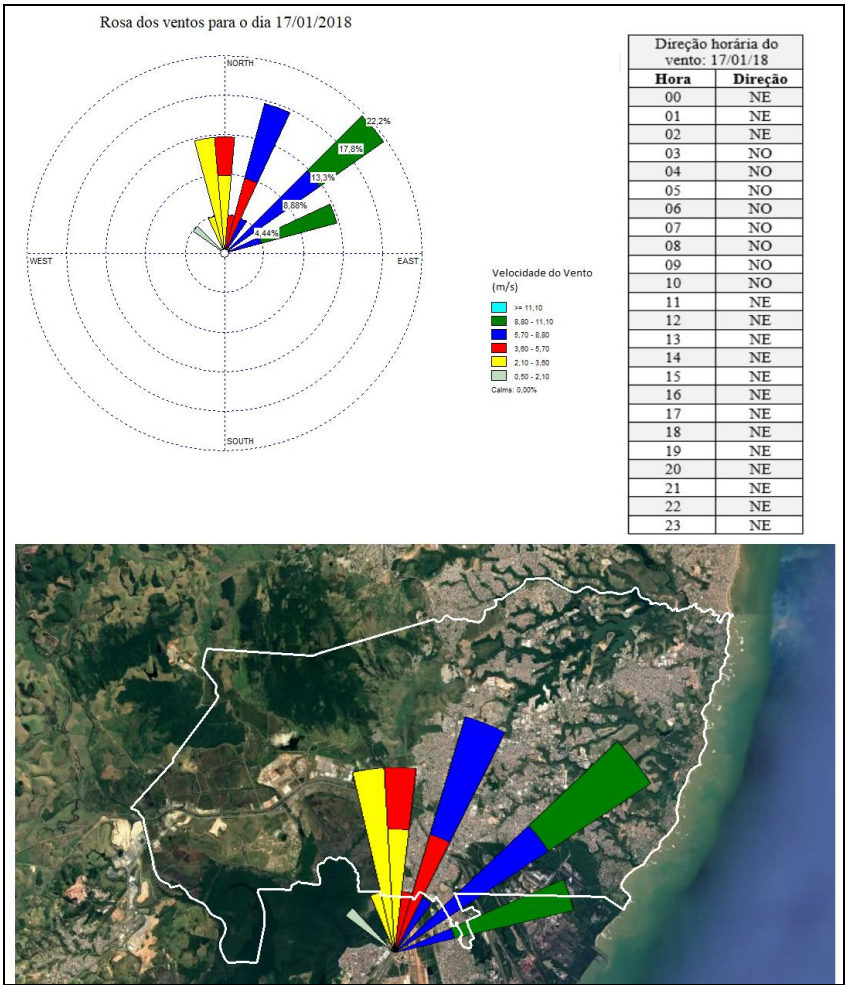


Figura 40 - Comportamento do vento no dia 17/01/2018.
Fonte: CPTEC/INPE Elaboração: Wemerson Diascanio Oliveira

6.1.2 Análise Episódica da Coleta de Verão – 10h00min

As temperaturas referentes às 10h00min apresentaram gradiente térmico de $6,7^{\circ}\text{C}$, com valores oscilando entre $29,8^{\circ}\text{C}$ e $36,5^{\circ}\text{C}$. A média térmica para este horário foi de $32,9^{\circ}\text{C}$, com a maior parte dos pontos de coleta registrando temperaturas superiores a $32,0^{\circ}\text{C}$. (Figura 41)

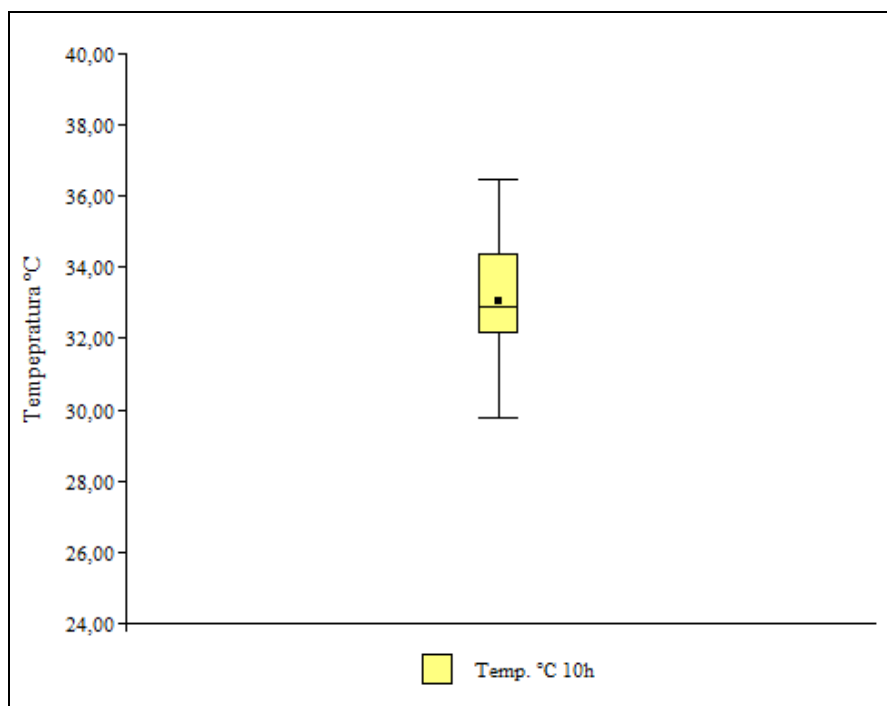


Figura 41- Variação da temperatura do ar referente às 10h00min - Verão.
Fonte: Wemerson Diascanio Oliveira.

Na análise do campo térmico (Figura 42) é possível observar dois ramos¹¹ de maior aquecimento, um na porção Sudeste do distrito e outro na porção Centro-Sudoeste. O primeiro abrange os pontos litorâneos do setor Litoral Leste com temperaturas oscilando entre 33°C (P25) a $36,5^{\circ}\text{C}$ (P26). Já o segundo é composto por pontos dos setores Interior Sul e Interior Centro com temperaturas variando entre $33,2^{\circ}\text{C}$ (P13) e $36,2^{\circ}\text{C}$ (P4).

Na porção Nordeste da área urbana verifica-se um ramo com valores termais mais amenos formados por pontos de coleta do Setor Litoral Nordeste. A temperatura do ar nesse ramo varia entre $30,6^{\circ}\text{C}$ (PA) e $32,1^{\circ}\text{C}$ (P20).

¹¹ A terminologia **RAMO** será utilizada ao longo do texto para designar conjuntos de pontos ou áreas com valores de temperaturas semelhantes, independentemente dos fatores responsáveis pelo comportamento termal dos pontos observados. Ao final da análise, estes **RAMOS** serão classificados de acordo com o referencial teórico adotado pela pesquisa em: Ilha de Calor ou Núcleo de Calor.

Através da análise estatística de Pearson não foi possível demonstrar correlações fortes entre a maioria dos fatores observados pela pesquisa e o comportamento do campo térmico matutino (Tabela 16). Apenas a umidade relativa do ar e os valores de S.V.F. apresentaram, apesar de fraca, muito boa significância com os valores de temperatura. Neste sentido, será realizada uma análise empírico-descritiva buscando identificar os possíveis fatores associados ao comportamento da temperatura nos diferentes ramos aquecidos e frios.

Tabela 16 - Resultados da análise de Pearson referente ao campo térmico das 10h00min – Verão.

Temperatura	Fatores	Pearson	p-value
Temperatura – 10h °C	Altitude	0,08	0,5956
Temperatura – 10h °C	Radiação Solar	0,20	0,1995
Temperatura – 10h °C	Distância Linha de Costa	-0,04	0,7948
Temperatura – 10h °C	Velocidade Vento	0,20	0,1977
Temperatura – 10h °C	Índice de Vegetação	-0,08	0,5953
Temperatura – 10h °C	<i>Sky View Factor</i>	0,34	0,0298
Temperatura – 10h °C	Intensidade do Tráfego	0,24	0,1269
Temperatura – 10h °C	Umidade	-0,31	0,0471
Temperatura – 10h °C	Horas de Sol	0,28	0,0768
Temperatura – 10h °C	Lux	0,04	0,7912
Temperatura – 10h °C	Densidade Demográfica	-0,13	0,4125

Fonte: Wemerson Diascanio Oliveira

O ramo aquecido da porção Sudeste do distrito é composto pelos pontos P23, P24, P25, P26 e P27 (Figura 42). Estes pontos estão localizados em área residencial, com fluxo de veículos de baixa e média intensidade e boa cobertura vegetal, características que poderiam dotar à área baixos valores térmicos (Figuras 25, 38 e 37). No entanto, foi observada a conjunção de dois fatores principais que, possivelmente, atuaram na elevação das temperaturas nesses locais.

Em primeiro lugar observa-se baixo índice de obstrução do céu (S.V.F. alto), fazendo com que os pontos de coleta recebam os raios do sol logo nas primeiras horas do dia (Tabelas 13 e 14). Essa característica contribui para um rápido aquecimento da superfície no período da manhã, tendência apontada pela fraca, porém muito significativa relação entre os dados de S.V.F. e os valores de temperatura. (Tabela 16).

Além disto, estes pontos ficam localizados no extremo leste do distrito e muito próximos à orla. Esses fatores fazem com que ocorra a incidência de sol logo nos primeiros minutos do dia colocando-os expostos a radiação e irradiação refletida pela área da praia que, conforme

apontado por Correa *et al* (2015), aquece com grande intensidade no período da manhã devido às suas características físicas de baixo calor específico e albedo elevado. Este segundo fator pode ser mais bem observado ao analisarmos a temperatura mais alta deste ramo aquecido, o ponto P26 (Quiosque Mar e Sol) com 36,5°C de temperatura do ar. Este ponto localiza-se na rua à beira mar, apenas aproximadamente 40m da faixa de areia (Figura 42 e Tabela 9).

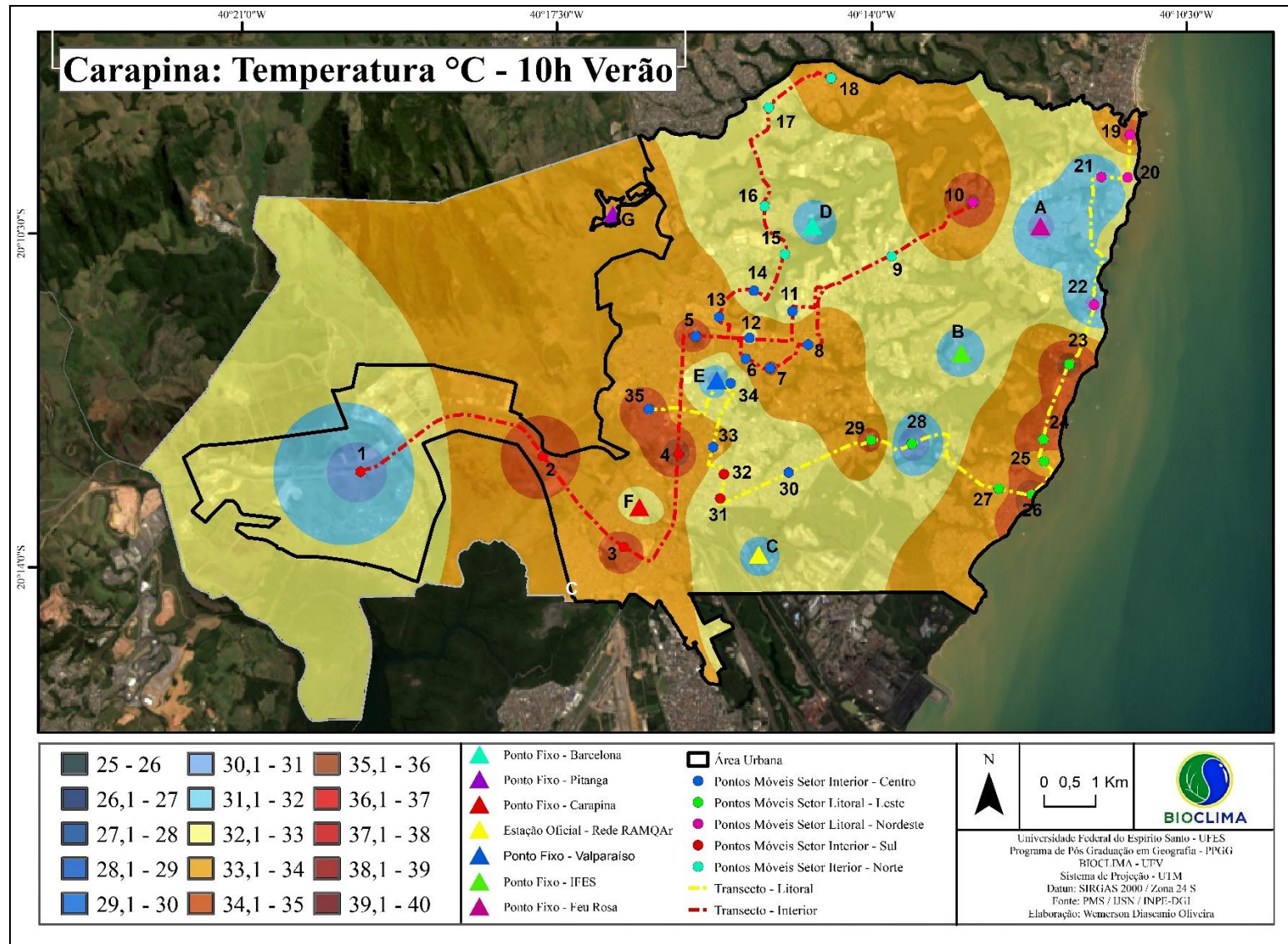


Figura 42 - Campo térmico do distrito de Carapina - 10h00min – Verão.

Fonte: Wemerson Diascanio Oliveira

O ramo de aquecimento localizado no Centro-Sudoeste é composto pelos pontos P2, P3, P4, P5, P6, P7, P8, P13 e P35. Esta área é uma das mais dinâmicas do distrito de Carapina, caracterizada pelo predomínio de uso comercial (Figura 25), baixíssimos índices de vegetação (Figura 37), alta densidade demográfica (Figura 26) e construções com grande capacidade de armazenamento de calor (como asfalto e concreto) e utilização de materiais de baixo calor específico, como telhas de fibrocimento e alumínio (Tabela 9).

Os pontos de coleta que formam o ramo Centro-Sudoeste possuem valores de S.V.F alto (77%) e moderado (23%), recebendo incidência dos raios do sol logo nas primeiras horas do dia (Tabela 14). A grande entrada de radiação solar é absorvida e irradiada pelos materiais construtivos urbanos caracterizados por possuírem baixo calor específico e grande emissividade, podendo acarretar em elevação da temperatura do ar no período matutino. Esta situação pode ser apontada pela fraca, porém muito significativa relação entre os dados de S.V.F. e os valores de temperatura (Tabela 16).

Além dos aspectos construtivos, outro fator importante a ser observado é o tráfego de veículos. Os pontos deste ramo de aquecimento estão dispostos em três das principais vias do município, a BR 101, a Av. Eldes Scherrer de Souza e a Av. Central de Laranjeiras, caracterizadas por possuírem fluxos intensos de veículos leves e pesados (Figura 38).

Neste sentido, acredita-se que a associação entre a grande produção de calor antropogênico, associada às características das construções podem ter contribuído de maneira significativa para a manutenção de valores térmicos mais elevados. Esta relação também foi observada por Pardo (2007) na cidade espanhola de Ibiza.

O ramo de temperaturas mais amenas localizadas a Nordeste do distrito de Carapina é formado pelos pontos PA, P20, P21 e P22 (Figura 42).

Apesar do ponto PA estar localizado em uma área de alta densidade demográfica, com índice de vegetação extremamente baixo (Figuras 26 e 37) e densidade de urbanização elevada (tabela 9), ele apresenta o menor valor de temperatura desta porção do distrito 30,6°C. Esse fato pode estar relacionado à morfologia urbana do local de instalação do ponto fixo PA (Feu Rosa) em associação com o movimento aparente do sol.

Conforme exposto nas tabelas 13 e 14, as construções impedem a chegada de radiação direta no período da manhã, fazendo com que o sol só comece a atingir o ponto PA de maneira

direta a partir das 9h30min. Ademais, esse ponto está inserido em uma área residencial com fluxo de veículos de baixa intensidade, possuindo assim pouca geração de calor antropogênico (Figuras 25 e 38).

Já os pontos P20, P21 e P22 apresentam grande quantidade de vegetação arbórea em seus entornos e estão localizados, predominantemente, em área residencial de médio e alto padrão econômico (Tabela 9). Nestes locais as construções são realizadas com materiais de melhor qualidade e de calor específico mais elevado, como telhados de cerâmica por exemplo. Assim, o ar destas áreas demora mais para aquecer no período matutino.

Além dos fatores apontados acima, as temperaturas amenas dos pontos P20, P21 e P22 podem estar associados à atuação dos ventos de brisa marítima em associação com a morfologia urbana favorável à ventilação, conforme observado por Mendonça e Lombardo (2009) na análise do clima urbano da Região Metropolitana de Florianópolis.

A área em que estão localizados estes pontos possui tráfego de veículos de média e alta intensidade, ruas asfaltadas e alta densidade demográfica (Figuras 38 e 26) (Tabela 9). No entanto, a baixa altitude das construções, as avenidas largas e o baixo valor de S.V.F. destes pontos facilitam a dispersão do calor antropogênico pelos ventos advindos do oceano, fazendo com que as temperaturas permaneçam com valores mais baixos. Esta tendência pode ser demonstrada pela fraca, porém significativa relação entre a Temperatura e o S.V.F. (Tabela 16).

A análise das três áreas com valores de temperatura discrepantes do restante do campo térmico do distrito pode sugerir a existência de uma ilha de calor de média a forte magnitude, com gradiente térmico médio de 3,5°C e máximo de 5,6°C entre os ramos Centro-Sudoeste e Nordeste. (Figura 43)

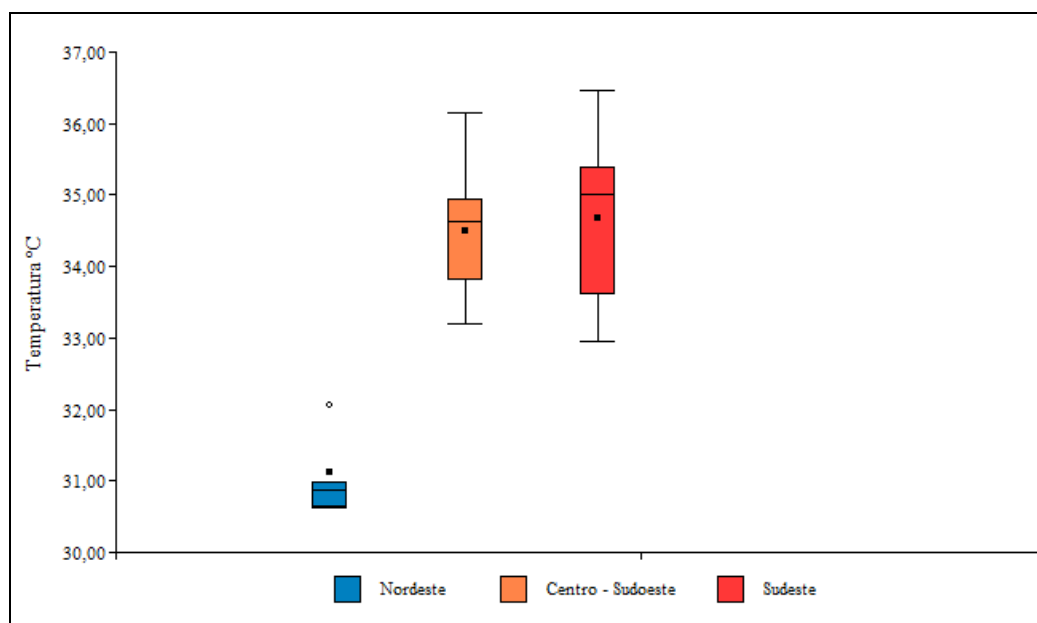


Figura 43 - Variação térmica entre os ramos quentes e frios - 10h00min – Verão.

Fonte: Wemerson Diascanio Oliveira

A ilha de calor existente na porção Centro-Sudoeste do distrito possui média térmica de 34,5°C, com temperaturas oscilando entre 33,2°C (P13) e 36,2°C (P4). Já o conjunto de pontos menos aquecidos presentes na porção Nordeste possuem temperatura média de 31,1°C, com mínimas e máximas variando entre 30,6°C (PA) e 32,1°C (P20), sendo que a maior parte dos pontos apresentaram registros de temperaturas abaixo dos 31,0°C.

Quanto ao ramo de aquecimento Sudeste, não foi possível estabelecer com clareza os fatores responsáveis pela sua formação. Neste sentido, concordando com Fialho (2009; 2012) entende-se que a melhor terminologia para sua classificação seria núcleo de calor, uma vez que suas temperaturas elevadas aparentam estar associadas a uma condição natural de insolação e não às atividades humanas.

6.1.2 Análise Episódica da Coleta de Verão – 16h00min

A coleta de dados realizada às 16h00min apresentou o maior gradiente térmico para o dia 17/01/2018, aproximadamente 11,0°C. As temperaturas neste horário variaram entre 28,1°C e 39,1°C. A média térmica ficou em torno de 33,6°C e a maior parte dos pontos de coleta apresentaram temperaturas superiores a 32,0°C. (Figura 44)

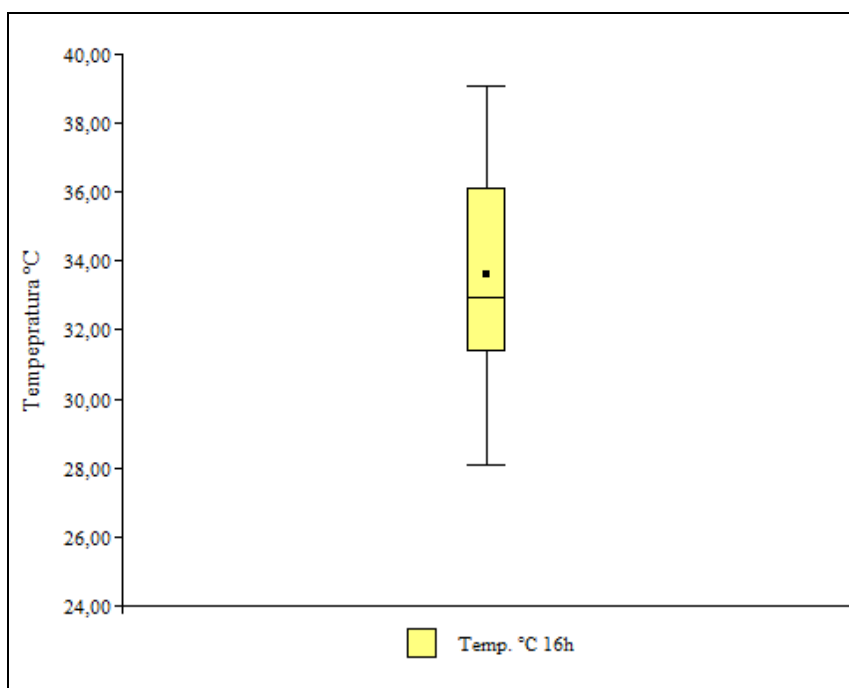


Figura 44 - Variação da temperatura do ar referente às 16h00min – Verão.

Fonte: Wemerson Diascanio Oliveira

O campo térmico das 16h00min (Figura 45) apresenta crescimento dos valores de temperatura partindo do litoral em direção ao interior do distrito. O ramo litorâneo registrou as temperaturas mais amenas e é composto por pontos dos setores Litoral Nordeste e Litoral Leste. Nesses pontos as temperaturas ficaram abaixo dos 32,5°C. Já o ramo interior mostrou-se mais aquecido, configurando-se em uma grande faixa longitudinal abarcando a porção central do distrito de Carapina e é composto por pontos de coleta dos setores Interior Norte, Interior Centro e Interior Sul. Nessa área os valores de temperatura ficaram acima de 33,4°C.

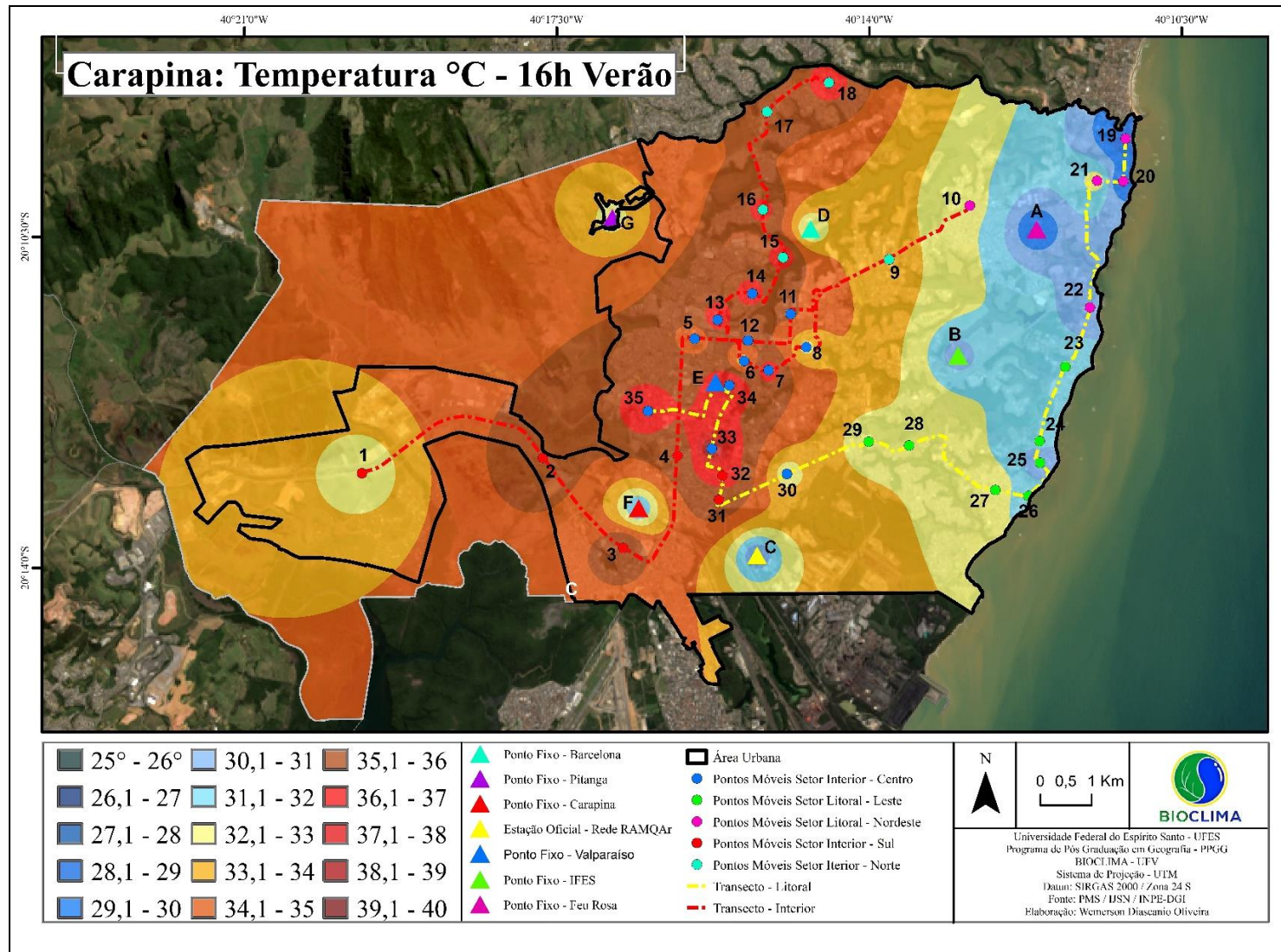


Figura 45 - Campo térmico do distrito de Carapina - 16h00min – Verão.

Fonte: Wemerson Diascanio Oliveira

O ramo litorâneo é composto pelos pontos de coleta PA, PB, P19, P20, P21, P22, P23, P24, P25 e P26 (Figura 45). Nestes pontos as temperaturas variaram entre 28,1°C e 32,5°C, sendo os pontos P19 e P20 os que registraram menores valores térmicos, 28,1°C e 29,0°C respectivamente.

De maneira geral, os pontos de coleta deste ramo de temperaturas amenas apresentam pouca geração de calor antropogênico, uma vez que a maior parte está inserida em área residencial e de baixa densidade demográfica (Figuras 25 e 26). Além disso, o comércio na região é pouco pujante e o tráfego de veículos é de baixa e média intensidade (Figura 38).

Outro fator importante a se considerar na conformação desse ramo menos aquecido é a associação entre a proximidade dos pontos de coleta em relação à orla, a atuação dos ventos de brisa marítima e a morfologia urbana local.

Os pontos de coleta deste ramo de ar frio possuem valores de S.V.F. alto (70,0% dos pontos) e moderado (30,0% dos pontos). Esta característica propicia a dispersão do calor irradiado pela superfície e gera menos empecilho para a circulação dos ventos. Como a área permaneceu desde as 11h00min com a entrada de ventos de NO advindos do oceano (Figura 40), supõe-se que a morfologia urbana favorável à ventilação, associada à entrada de brisa marítima, favorecida pela localização dos pontos nas proximidades da orla, ajudaram no transporte do calor sensível destes locais para outras áreas do distrito.

Esta combinação de fatores é delineada pela pequena, porém muito significativa relação entre os dados de temperatura e o S.V.F., e a moderada e de muito boa significância relação entre a temperatura e a distância em relação linha de costa (Tabela 17).

O ramo de temperaturas mais aquecidas está disposto no interior do distrito de Carapina e é formado pelos pontos PE, P2, P3, P4, P5, P6, P7, P11, P12, P13, P14, P15, P16, P17, P18, P31, P32, P33, P34 e P35 (Figura 42). Nestes locais as temperaturas variaram entre 33,4°C e 39,1°C, sendo os pontos P33 e P34 os que registraram os valores mais elevados de temperatura do ar, 39,1°C e 38,0°C respectivamente.

A análise da configuração térmica deste ramo de aquecimento pode refletir o balanço de energia associado à distância dos pontos em relação à linha de costa, à geração de calor antropogênico e às características de uso e ocupação da terra.

Conforme exposto da tabela 17, apesar da correlação de Pearson entre os valores de temperatura e a distância em relação à linha de costa ser moderada, a sua significância é muito alta, apontando a tendência observada no mapeamento do campo termal (Figura 42). Nele, observamos que, de maneira geral, os pontos mais próximos ao litoral apresentaram temperaturas mais amenas, enquanto os pontos de coleta localizados no interior do distrito mostraram-se mais aquecidos.

Os obstáculos impostos pelas construções urbanas podem dificultar a chegada dos ventos de brisa marítima à porção interiorana do distrito. Assim, as temperaturas são amenizadas de maneira mais acentuada nos pontos próximos à praia em detrimento dos pontos mais distantes da costa.

Além disso, o movimento horizontal do vento pode transportar o calor gerado nas áreas litorâneas para as áreas do interior, contribuindo para o maior aquecimento dos pontos de coleta dos setores Interior Norte, Interior Centro e Interior Sul. Esse possível processo de deslocamento de calor em função das brisas marítimas também foi observado por Gomes (2017) em Ubatuba-SP.

Tabela 17 - Resultados da análise de Pearson referente ao campo térmico das 16h00min – Verão.

Temperatura	Fatores	Pearson	p-value
Temperatura – 16h °C	Altitude	0,72	0,0001
Temperatura – 16h °C	Radiação Solar	-0,04	0,8005
Temperatura – 16h °C	Distância Linha de Costa	0,62	0,0001
Temperatura – 16h °C	Velocidade Vento	-0,10	0,5475
Temperatura – 16h °C	Índice de Vegetação	-0,18	0,2471
Temperatura – 16h °C	<i>Sky View Factor</i>	0,32	0,0383
Temperatura – 16h °C	Intensidade do Tráfego	0,41	0,0066
Temperatura – 16h °C	Umidade	-0,65	0,0001
Temperatura – 16h °C	Horas de Sol	0,18	0,2523
Temperatura – 16h °C	Lux	0,19	0,2322
Temperatura – 16h °C	Densidade Demográfica	0,13	0,4021

Fonte: Wemerson Diascanio Oliveira

Os pontos de mensuração do campo de aquecimento interior estão dispostos nas principais vias de circulação da cidade ou em suas proximidades, como a BR101, a Av. Norte Sul, a Av. Eldes Scherer de Souza e a Av. Central de Laranjeiras, todas com tráfego intenso de veículos leves e pesados (Figura 38).

O calor gerado pelos veículos automotores contribuiu de maneira efetiva para a formação deste grande bolsão de calor em toda a porção Oeste da área urbana do distrito de carapina. Conforme demonstrada pela análise de Pearson, a relação entre os dados de Temperatura e de Intensidade de Tráfego resultou em uma correlação moderada e de muito boa significância (Tabela 17). Esta influência pode ser notada ao analisarmos a temperatura do ponto P15 que, mesmo sendo classificado como Área Verde, apresentou altos valores de temperatura 36,7°C decorrente de sua localização às margens da Av. Norte-Sul.

Quanto ao uso e cobertura da terra, 65% dos pontos de coleta deste ramo de aquecimento pertencem às classes Comércio ou Indústria e Logística. Nestas áreas observam-se construções com matérias de alta capacidade de retenção de calor e baixo calor específico (Tabela 9). Como possuem altos valores de S.V.F., a entrada de radiação solar ao longo de todo o dia em contato com estes materiais, pode ter contribuído para a manutenção de altos valores de temperatura.

Outros 25,0% dos pontos amostrais estão localizados em áreas residenciais. No entanto, conforme podemos observar na tabela 9, as suas superfícies são altamente impermeabilizadas, cobertas por asfalto e com baixíssimos índices de vegetação (Figura 37). Estes pontos de coleta também possuem altos valores de S.V.F. e recebem radiação solar direta desde as primeiras horas da manhã, fazendo com que suas superfícies de baixa inércia térmica se aqueçam demasiadamente no período vespertino.

O ponto de coleta P35 registrou um dos maiores valores de temperatura da coleta das 16h00min 37,1°C. A sua dinâmica de troca de energia reflete bem toda a discussão acima. Ele é um dos pontos mais distantes da orla, está localizado em uma área comercial, apresenta superfície impermeabilizada e com baixo índice de vegetação, possui trânsito intenso de veículos e está próximo à BR101, principal via de circulação da cidade.

Os pontos PF e PD, apesar de estarem localizados na área de abrangência do ramo de aquecimento interior, apresentaram valores de temperaturas respectivamente 5,1°C e 4,2°C abaixo da média desta porção do distrito (Figura 45).

O ponto PF possui S.V.F baixo (alta obstrução), o que dificulta a entrada de radiação direta. De acordo com as tabelas 13 e 14, o ponto fica exposto aos feixes de sol somente entre às 7h30min e às 11h30min. Associado a isso, a área de instalação deste ponto é residencial e com tráfego de veículos de baixa intensidade (Figuras 25 e 38), gerando assim pouco calor

antropogênico e contribuindo para a manutenção de valores termais mais amenos no período vespertino.

Já o ponto PD, além de estar localizado em área residencial e de baixo fluxo de veículos (Figuras 25 e 38), dispõe ao seu redor uma grande quantidade de vegetação arbórea (tabela 9). De acordo com Charabi (2000), locais inseridos no coração da aglomeração urbana e que possuem espaços verdes significativos podem constituir ilhas de frescor.

A observação da configuração espacial da temperatura referente às 16h00min, assim como dos fatores geourbanos e geocológicos a ela associados, permite considerar a existência de uma ilha de calor de forte a muito forte magnitude, com gradiente térmico médio de 6,1°C e máximo de 11,0°C entre o ramo aquecido no interior do distrito e o ramo de temperaturas amenas disposto no litoral (Figura 46).

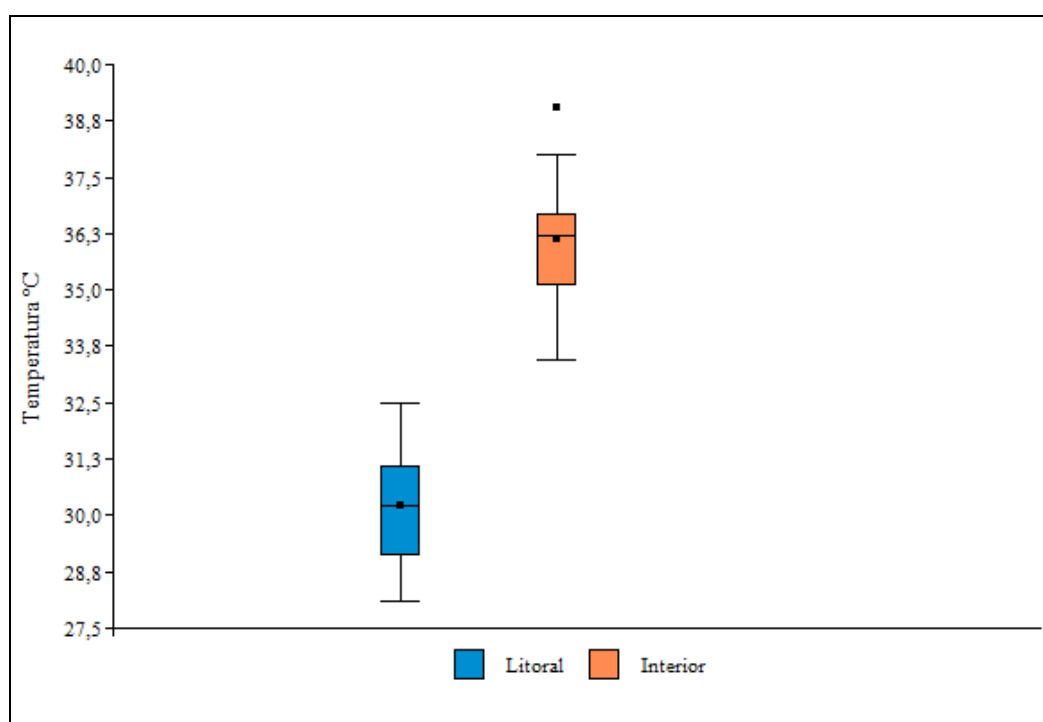


Figura 46 - Variação térmica entre os ramos quentes e frios - 16h00min – Verão.

Fonte: Wemerson Diascanio Oliveira

O maior gradiente térmico foi observado entre os pontos P33 (39,1°C) e P19 (28,1°C). Os pontos litorâneos, em sua maioria, registraram valores térmicos abaixo de 31,3°C, enquanto a maior parte dos pontos dispostos no interior do distrito de Carapina apresentaram temperaturas superiores a 35,0°C.

6.1.3 Análise Episódica da Coleta de Verão – 20h00min

A coleta de dados noturna apresentou pequena variação térmica, apenas 2,9°C. As temperaturas oscilaram entre 25,6°C e 28,5°C e a média térmica para este horário ficou na casa dos 27,4°C. (Figura 47)

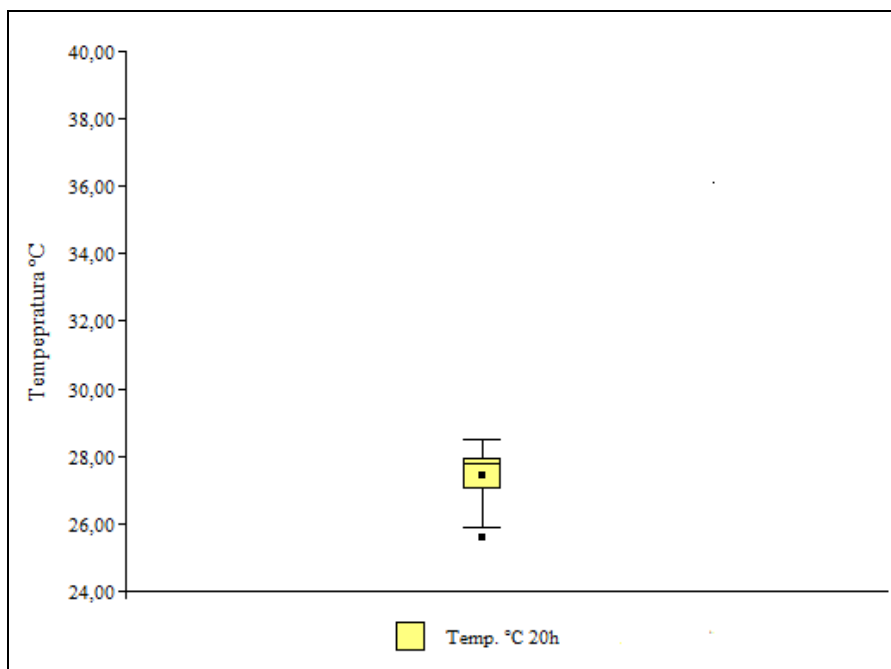


Figura 47 - Variação da temperatura do ar referente às 20h00min – Verão.

Fonte: Wemerson Diascanio Oliveira

O campo térmico noturno apresentou padrão homogêneo (Figura 48). Não foi possível destacar nenhum ramo ou ponto de coleta com variação térmica muito elevada. Na porção central do distrito destaca-se um pequeno ramo formado pelos pontos PE, P4, P5, P13, P32, P33 e P35 com temperaturas oscilando cerca de 0,8°C acima da média do horário. O ponto de maior aquecimento noturno foi o P35 (28,5°C), registrando cerca 1,1°C acima da média térmica da coleta das 20h00min. Já o local mais frio é representado pelo ponto P19 (25,6°C), que oscilou menos de 2,0°C abaixo da média das temperaturas noturnas.

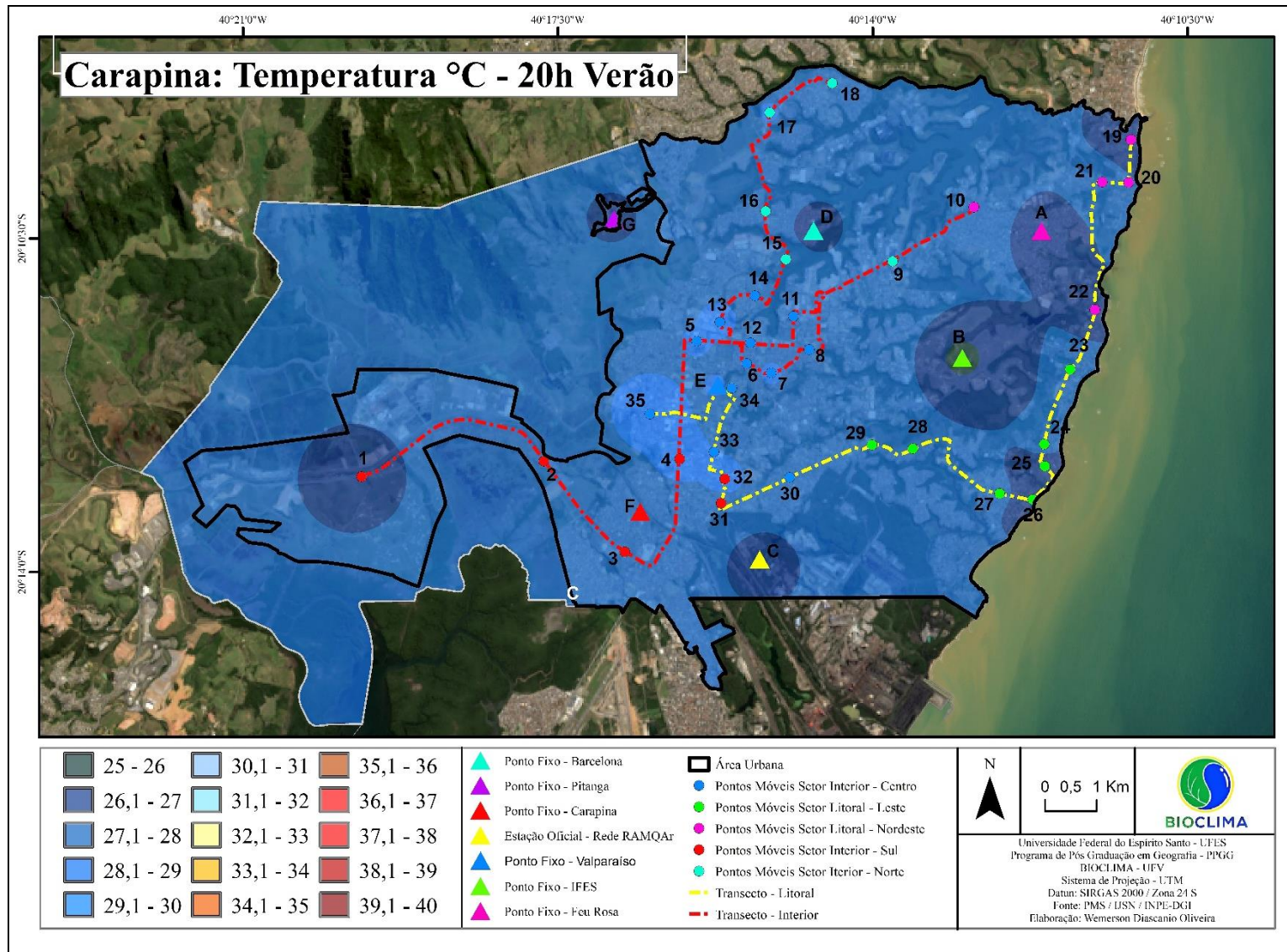


Figura 48 - Campo térmico do distrito de Carapina - 20h00min – Verão.

Fonte: Wemerson Diascanio Oliveira

A distribuição de valores similares de temperatura no período noturno pode indicar que a porção urbanizada do distrito de Carapina não impõe grandes obstáculos para a dispersão do calor armazenado pela radiação solar recebida ao longo do fotoperíodo, assim como não aprisiona a maior parte do calor antropogênico gerado pela circulação de veículos e atividades industriais.

Os principais fatores responsáveis por esta rápida perda do calor para as camadas mais altas da atmosfera após o pôr do sol podem estar associados às características morfológicas locais e aos valores de S.V.F. dos pontos de coleta.

Conforme se observa nas figuras 20 e 21, o relevo no qual está assentado a área urbana do distrito de Carapina é predominantemente plano, não possui grandes morros e colinas e sua altitude varia de 0 a 50m. Essa característica morfológica não aprisiona o calor gerado ao longo do dia, facilitando assim a sua dispersão ao anoitecer. Esta tendência pode ser considerada com base na moderada, porém muito boa significância entre a relação dos valores de temperatura com a altitude dos pontos de coleta (Tabela 18).

Tabela 18 - Resultados da análise de Pearson referente ao campo térmico das 20h00min – Verão.

Temperatura	Fatores	Pearson	p-value
Temperatura – 16h °C	Altitude	0,60	<0,0001
Temperatura – 16h °C	Radiação Solar	0,05	0,7338
Temperatura – 16h °C	Distância Linha de Costa	0,40	0,0090
Temperatura – 16h °C	Velocidade Vento	0,05	0,7463
Temperatura – 16h °C	Índice de Vegetação	-0,56	0,0001
Temperatura – 16h °C	<i>Sky View Factor</i>	0,24	0,1198
Temperatura – 16h °C	Intensidade do Tráfego	0,53	0,0003
Temperatura – 16h °C	Umidade	-0,42	0,0061
Temperatura – 16h °C	Horas de Sol	0,25	0,1138
Temperatura – 16h °C	Densidade Demográfica	0,28	0,0772

Fonte: Wemerson Diascanio Oliveira

Os valores de S.V.F. não apresentaram boa relação estatística com os dados de temperatura (Tabela 18). No entanto, com base em observações empíricas e na bibliografia a respeito do tema, nota-se que o grau de obstrução do céu dos pontos de coleta pode ter influenciado de maneira significativa na conformação homogênea do campo térmico noturno.

Mais de 78,0% dos pontos de coleta possuem baixa obstrução da abóboda celeste, e cerca de 20,0% dos locais de mensuração apresentam obstrução moderada. Conforme Ferreira (2015), valores altos de S.V.F. (baixa obstrução) favorecem a dispersão do calor, uma vez que as construções não atuam de maneira a dificultar a ascensão do calor sensível para as camadas mais altas da atmosfera.

O aumento da velocidade dos ventos de brisa marítima, associado à morfologia urbana e natural favoráveis à perda de calor, também pode ter atuado na aceleração do resfriamento do tecido urbano após o pôr do Sol. Conforme se observa na figura 49, a partir das 13h00min a velocidade do vento mensurada pela estação do aeroporto começa a aumentar, atingindo 8m/s às 16h00min e mantendo-se em valores elevados até às 23h00min. Entre 19h00min e 21h00min, uma hora antes e durante o período de coleta de dados a velocidade do vento oscilou entre 8,8m/s (19h00min) e 9,3m/s (21h00min).

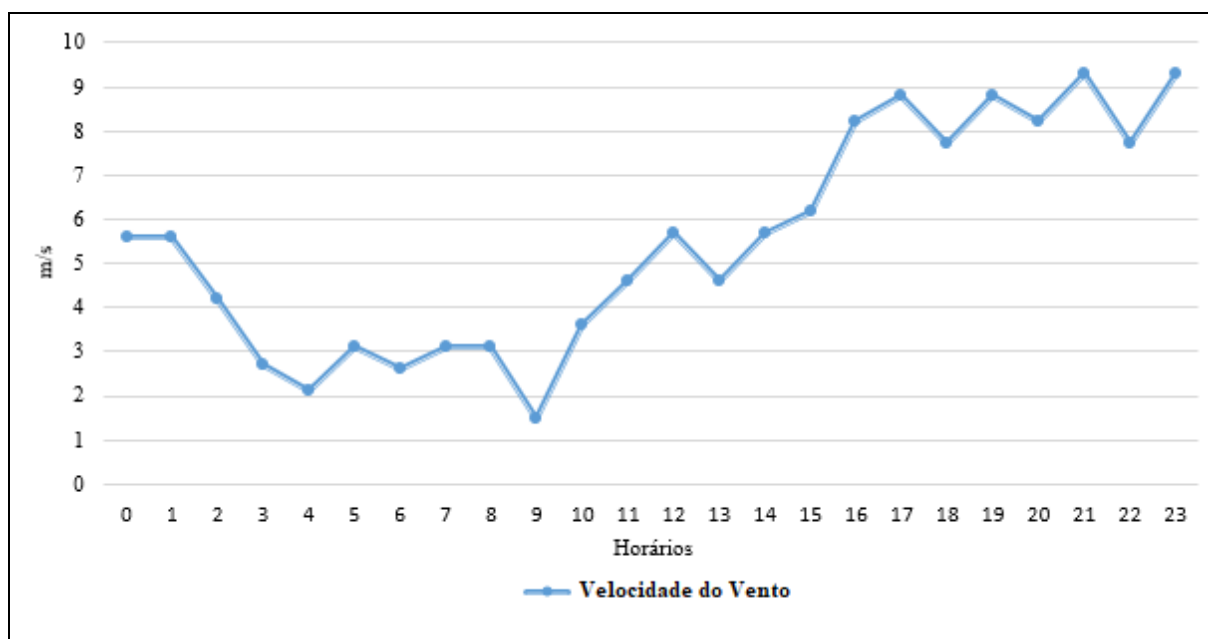


Figura 49 - Variação horária da velocidade do vento em 17/01/2018.

Fonte: CPTEC/INPE **Elaboração:** Wemerson Diascanio Oliveira

Apesar da configuração do campo térmico possuir padrão, até certo ponto homogêneo, é possível notar algumas diferenças térmicas entre os setores Litoral Nordeste e Litoral Leste em comparação com os setores Interior Norte, Interior Centro e Interior Sul. (Figura 50)

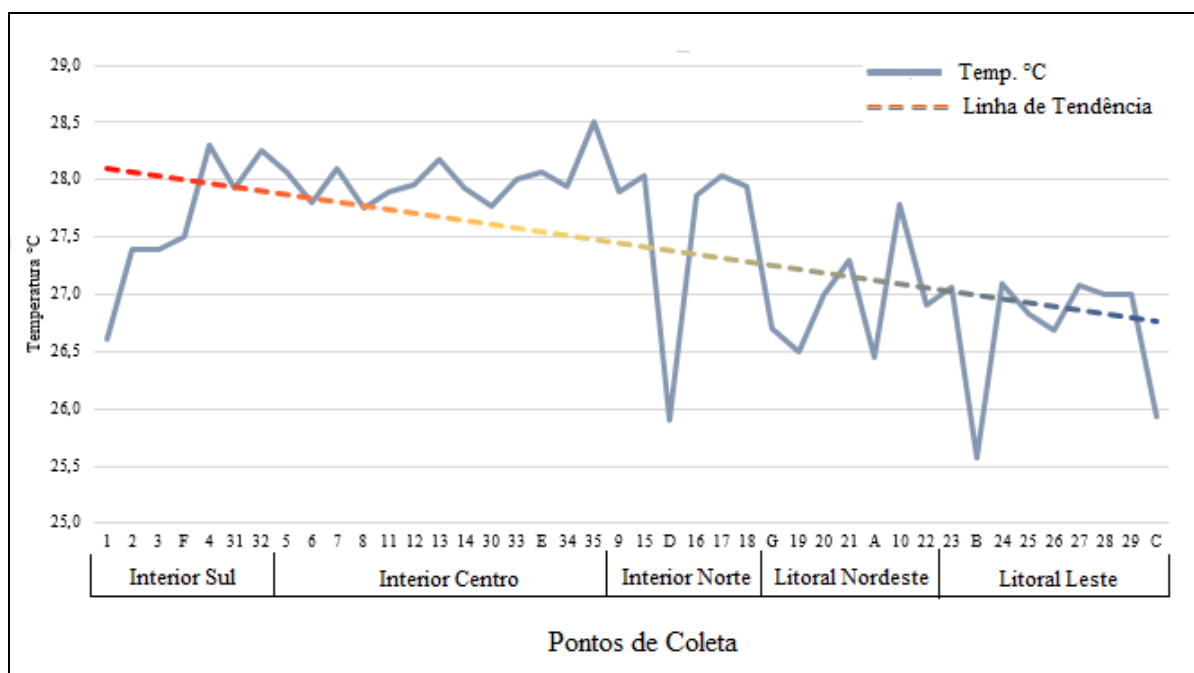


Figura 50 - Variação da temperatura do ar entre os setores interior e litoral - 20h00min – Verão.

Fonte: Wemerson Diascanio Oliveira

Os pontos de coleta localizados na porção interiorana do distrito de Carapina possuem, de modo geral, temperaturas mais elevadas que os localizados no litoral (Figura 50). Este gradiente térmico positivo dos setores Interior Sul, Interior Centro e Interior Norte em relação aos setores do litoral pode estar associados às diferenças na geração de calor antropogênico entres os setores, ao uso e cobertura da terra e à localização dos pontos em relação à linha de costa.

A maior parte dos pontos de coleta localizados nos setores do interior estão dispostos em avenidas de tráfego de veículos intenso (68,0%), enquanto os pontos dos setores do litoral estão localizados em ruas e avenidas de tráfego moderado e leve, 46,0% e 33,0% respectivamente. Mesmo não sendo o horário de pico de fluxos veiculares, observa-se, de acordo com a análise de Pearson (tabela 18), uma correlação moderada e de muito boa significância entre os registros termais e o índice de tráfego de veículos.

Além da adição direta do calor gerado pelos veículos automotores, os gases gerados pela queima de combustíveis fósseis favorecem o aprisionamento do calor sensível nas camadas

mais baixas da atmosfera, contribuindo para a conservação de valores de temperaturas mais elevados (GIGUERÈ 2009).

Os pontos dos setores interiores, além de apresentarem grande geração de calor, também possuem características de uso e ocupação da terra que possibilitam maior armazenamento de calor ao longo do fotoperíodo e sua liberação no decorrer da noite. Conforme observado na figura 37, a porção litorânea possui maiores índices de vegetação, enquanto os setores interiores apresentam superfícies ocupadas predominantemente por construções e asfalto, além de possuírem pouca área vegetada e serem mais densamente urbanizadas.

Esta tendência pode ser considerada pela correlação moderada negativa e a muito boa significância entre os dados de índice de vegetação e os valores de temperatura (Tabela 18). Comportamento semelhante foi observado por Amorim (2005) em Presidente Pudente. Na análise noturna a autora associou os maiores valores térmicos às áreas densamente construídas.

Outra questão importante relacionada ao uso e ocupação da terra é a função urbana exercida nos diferentes setores da cidade. Nos setores Litoral Nordeste e Litoral Leste predomina o uso residencial, enquanto nos setores Interior Norte, Centro e Sul predominam o uso comercial e indústria e logística (Figura 25).

Por fim, nota-se a influência dos ventos de brisa, que atuam de maneira mais significativa nos pontos próximos à costa (resfriando a superfície e dissipando o calor sensível gerado nessas áreas) e agem de forma mais tímida no interior do distrito. Conforme aponta a análise de Pearson, a correlação entre os dados de temperatura e a distância dos pontos de coleta em relação ao litoral é moderada e de muito boa significância (Tabela 18).

Assim, a análise do campo térmico das 20h00min permite considerar uma pequena ilha de calor de média magnitude, circunscrita aos pontos PE, P4, P5, P13, P32, P33 e P35, com gradiente térmico máximo de 2,9°C entre os pontos P35 (28,5°C) e P19 (25,6°C).

6.1.2 Análise Sazonal – Verão

A fim de analisarmos o comportamento térmico ao longo do período do verão¹², foi elaborado um gráfico tipo BoxPlot com os valores de temperatura dos sete pontos de coleta fixos (Figura 51).

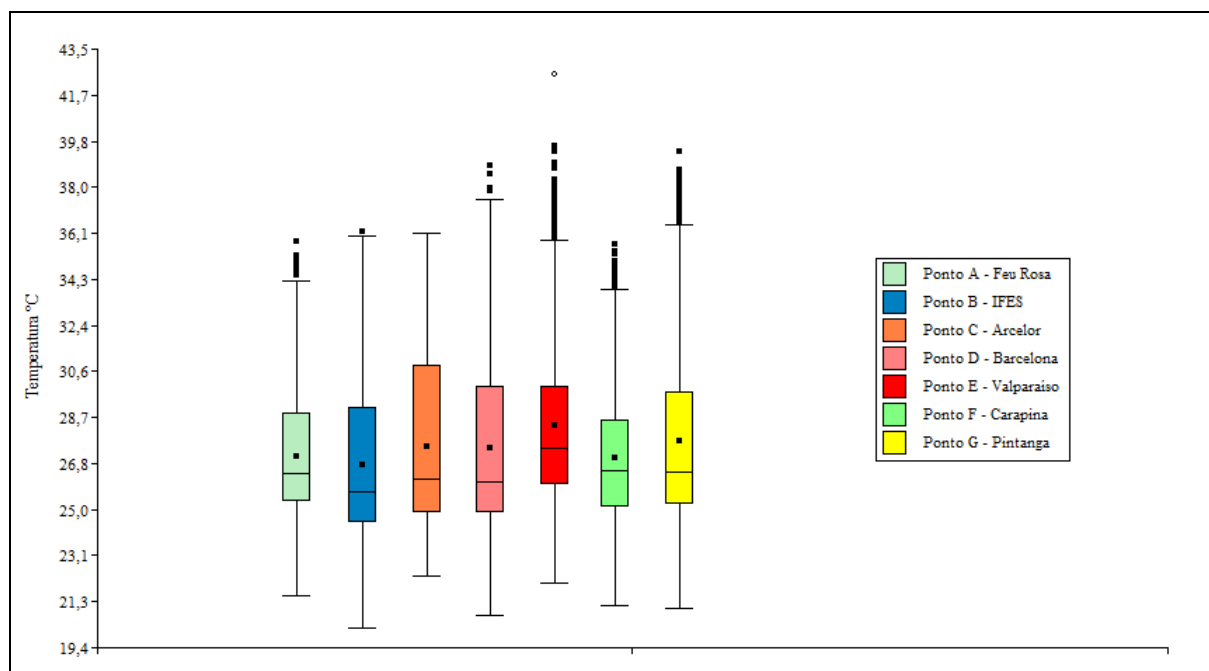


Figura 51 - Variação térmica nos pontos fixos – Verão.

Fonte: Wemerson Diascanio Oliveira

O local que apresentou a maior média térmica para o período analisado foi o ponto PE (28,4°C). Esse valor encontra-se 2,3°C acima da média da normal climatologia para os meses de janeiro, fevereiro e março (26,1°C), e 1,6°C mais elevada que o ponto em que se verificou a menor média térmica, PB com 26,8°C. (Figura 51)

A temperatura máxima também foi observada no ponto PE (42,5°C), 16,4°C acima da média climatológica. O ponto PB apresentou a menor temperatura para o período (20,1°C).

O ponto PE encontra-se na área central do distrito de Carapina, com grande concentração populacional, baixos índices de vegetação, próximo às duas principais vias de circulação de veículos (BR101 e AV. Norte Sul) e distante da linha de costa. A grande geração de calor antropogênico, os materiais superficiais do local (caracterizados por apresentarem grande

¹² Devido à data de instalação dos pontos fixos a análise de verão compreenderá os registros horários durante o período de 16/01/2018 às 19h00 à 22/03/2018 às 23h00min.

capacidade de armazenar calor e baixo calor específico) associados a menor atuação dos ventos de brisa marítima podem explicar as altas temperaturas médias e máximas desse ponto em específico.

Os baixos valores térmicos médios e mínimos do ponto PB podem ser explicados pela pequena distância do ponto em relação à costa que, associado ao alto valor de S.V.F., facilita a atuação dos ventos e a dispersão do calor irradiado pela superfície. Além disso, a área apresenta maiores índices de vegetação em comparação com o interior do distrito, e o termômetro está instalado em um capus do Instituto Federal do Espírito Santo (IFES), local de baixa circulação de veículos e pouca geração de calor antropogênico.

O ponto PG apresenta a terceira maior média térmica ($27,7^{\circ}\text{C}$), $1,6^{\circ}\text{C}$ acima da média climatológica e a segunda maior temperatura máxima ($39,4^{\circ}\text{C}$). No entanto, está instalado em um bairro de aspectos rurais, apresentando pequena densidade demográfica, baixa intensidade de circulação de veículos, boa cobertura vegetal e baixa obstrução do céu. A explicação para a manutenção destes valores elevados de temperatura pode estar associada ao transporte de calor sensível de outras áreas da cidade em direção ao interior e ao seu aprisionamento pelo obstáculo natural gerado pelo Monte Mestre Álvaro.

Além do processo observado acima, é importante destacar a relação entre o S.V.F. e a cobertura da terra na qual está instalado o miniabrigo meteorológico. O ponto PG apresenta baixa obstrução da abóboda celeste (S.V.F. alto) fazendo com que esteja sob radiação direta do Sol ao longo de todo dia (Tabelas 13 e 14). Como apontado por Fialho *et al* (2018), a grande entrada de ondas longas é absorvida e refletida pela superfície coberta por solo exposto (que se caracteriza por possuir elevados índices de reflectividade e emissividade) fazendo com que os termômetros automáticos *dataloggers* registrem temperaturas muito elevadas.

Neste sentido, a análise dos pontos fixos, associada à observação dos fatores geourbanos e geocológicos responsáveis pelo comportamento termal desses pontos de coleta, sugerem a formação de uma ilha de calor de média magnitude, com gradiente térmico médio de $2,3^{\circ}\text{C}$ entre os pontos PE (Valparaíso – $28,4^{\circ}\text{C}$) e PB (Campus IFES – $26,1^{\circ}\text{C}$).

6.2 Coleta de Inverno

O trabalho de campo referente à análise de inverno foi realizado no dia 18/07/2018 (quarta-feira). Foram executadas três coletas em horários distintos: 9h00min, 15h00min e 20h00min.

6.2.1 Condições Sinóticas da Coleta de Inverno

Observa-se no mosaico de cartas sinóticas (Figura 52) a presença da Alta Subtropical do Atlântico Sul (ASAS) sobre o oceano nos dias de pré-coleta (16/07 e 17/17) durante o trabalho de campo (18/07) e nos dias subsequentes (19/07 e 20/07).

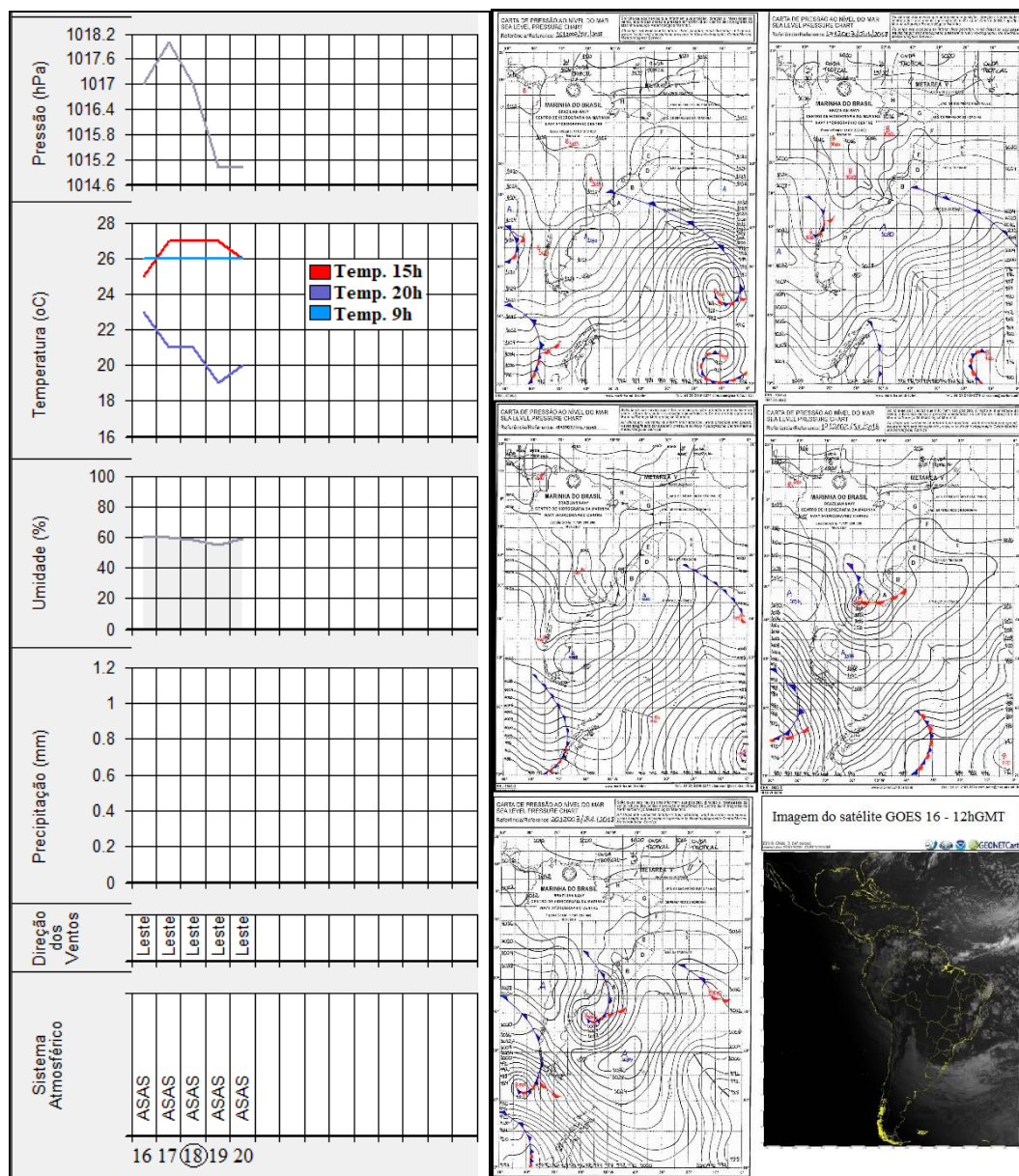


Figura 52 - Análise rítmica e cartas sinóticas dos dias 16/07 - 20/07.

Fonte: INMET; Marinha do Brasil; CPTEC/INPE **Elaboração:** Wemerson Diascanio Oliveira

O escoamento de umidade do oceano em direção ao continente decorrente da atuação da ASAS acarretou na presença de nebulosidade no início da manhã entre os dias 16/07 e 20/07, que se dispersava no decorrer do período matutino. Nos períodos da tarde e da noite o céu manteve-se aberto, não houve eventos de precipitação e os ventos mantiveram-se fracos.

No dia 18/07, data do episódio de coleta de dados, os ventos predominaram dos quadrantes Noroeste e Sudeste e mantiveram-se com baixa intensidade ao longo de todo o dia (Figura 53).

Entre às 00h00min e 09h00min os ventos predominantes sopraram de Noroeste e Oeste. A partir do aquecimento continental no período matutino observa-se a inversão da direção dos ventos, que entre 10h00min e 19h00min passam a originar-se de ESE/Leste/ENE. Esta mudança está associada ao aumento do gradiente térmico terra-mar, gerando a atuação dos ventos de brisa marítima. Entre 20h00min e 23h00min os ventos voltam a soprar do continente em direção ao oceano.

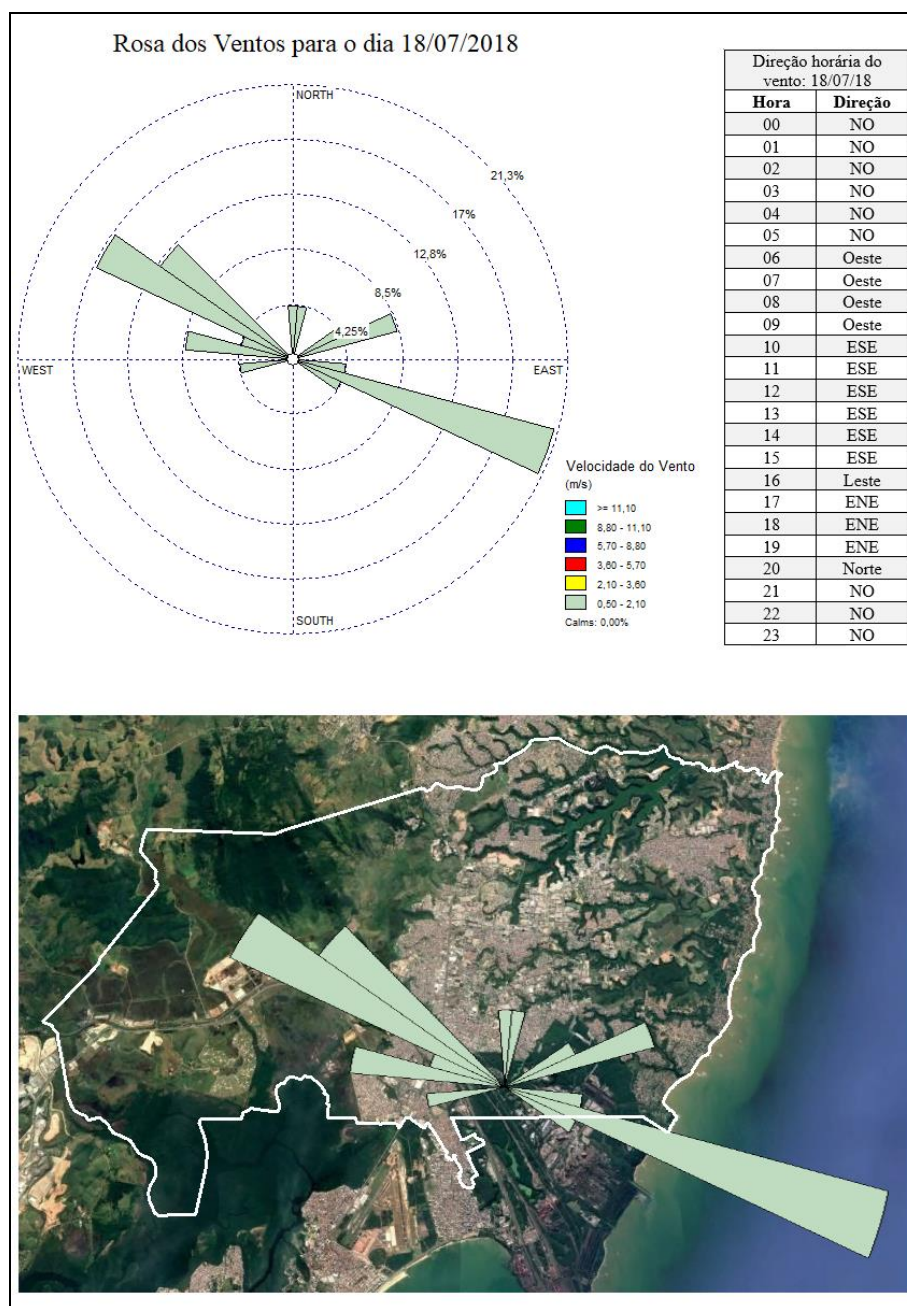


Figura 53 - Comportamento do vento no dia 18/07/2018.

Fonte: Rede RAMQAr Elaboração: Wemerson Diascanio Oliveira

6.2.2 Análise Episódica da Coleta de Inverno – 09h00min

O campo térmico referente às 9h00min apresentou gradiente térmico de 15,6°C. As temperaturas oscilaram entre 21,2° (PF) e 36,6°C (P22). A média térmica para este horário foi de 27,6°C, sendo que a maior parte dos pontos de coleta ficou abaixo dos 30°C. (Figura 54)

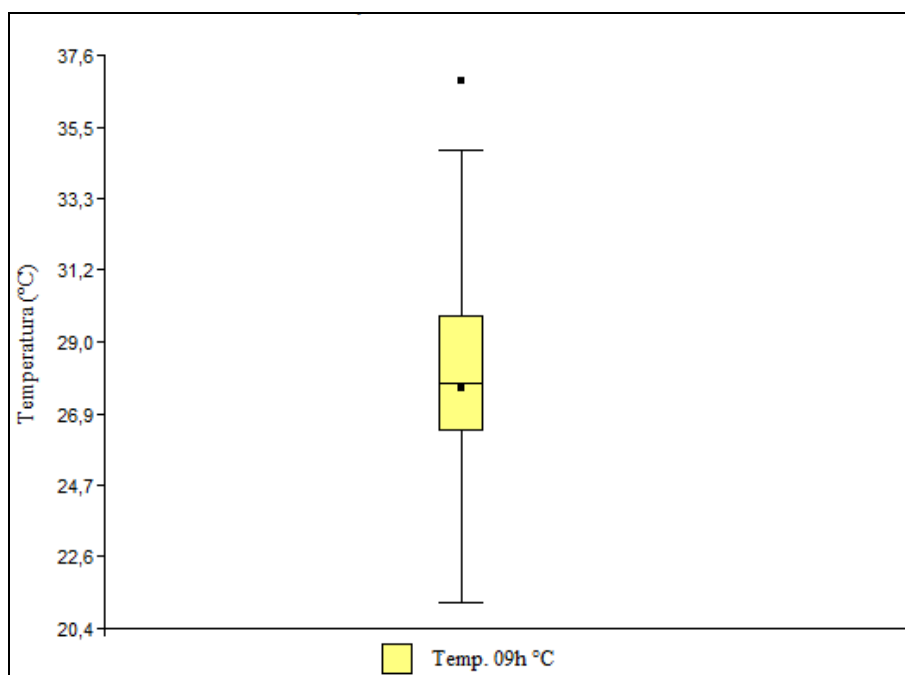
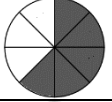
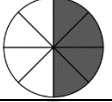
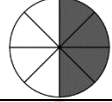

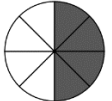
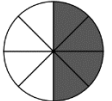
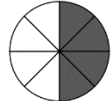

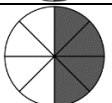
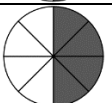
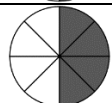

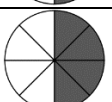
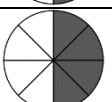
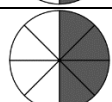

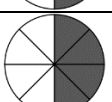
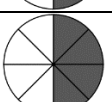
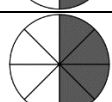

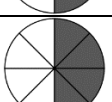
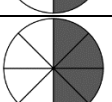

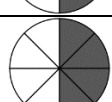
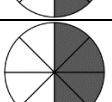
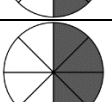

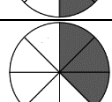
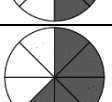
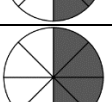

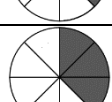
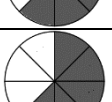
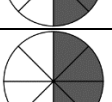
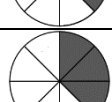
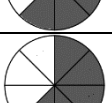
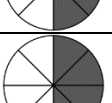

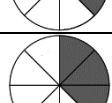
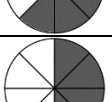
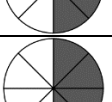

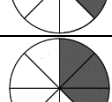
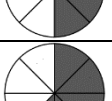
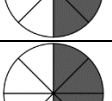
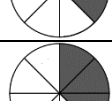
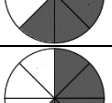
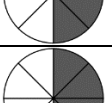
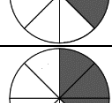
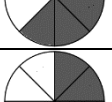
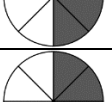
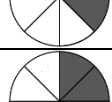




Figura 54 - Variação da temperatura do ar referente às 09h00min – Inverno.

Fonte: Wemerson Diascanio Oliveira

Os registros de temperatura realizados neste horário apresentaram variação muito elevada devido às condições de nebulosidade. A maior parte dos dados foi coletado com sol entre nuvens ou coberto totalmente pela nebulosidade, entretanto alguns pontos de coleta tiveram seus registros efetuados sob incidência direta da radiação solar, fazendo com que os termômetros registrassem temperaturas mais elevadas (Tabela 19).

Tabela 19 - Índice de nebulosidade do céu nos momentos dos registros e presença de incidência solar direta nos pontos durante a coleta de dados.

Ponto de coleta	Nebulosidade em oitavos	Temp. °C	Ponto de coleta	Nebulosidade em oitavos	Temp. °C	Ponto de coleta	Nebulosidade em oitavos	Temp. °C
A		21,9	8		31,2	22		36,8 
B		22,3	9		28	23		34,8 
C		24,6	10		30,4	24		30,9 
D		21,4	11		28,2	25		31,9 
E		22	12		29,9	26		28,2 
F		21,2	13		30,3 	27		27,9
G		24,2	14		31,2 	28		26,3
1		26	15		27,9 	29		26,7
2		26,3	16		26,7	30		26,8
3		29	17		29,8 	31		27,5
4		27,7	18		27,8 	32		27,8
5		27,8	19		27,9	33		25,4
6		30,2	20		27,4	34		26,6
7		29,9	21		26,7	35		26,3
<p>Legenda:  Cobertura de nuvens (cada fração do círculo representa 1/8 da abóboda celeste).</p> <p> Incidência de sol no momento da coleta:</p>								

Fonte: Wemerson Diascanio Oliveira

Na análise do campo térmico das 9h00min (Figura 55) é possível notar um padrão heterogêneo no comportamento da temperatura. A maior parte dos pontos de coleta está abaixo da faixa dos 28,5°C, sendo os pontos fixos PA, PB, PC, PD, PE, PF e PG (com temperaturas variando entre 21,2°C - PF e 24,6°C – PC) e os pontos móveis P1, P2, P16, P21, P28, P29, P30, P33, P34 e P35 (com oscilação entre 25,4°C – P33 e 26,8° - P21/P30) os que apresentaram os menores valores térmicos.

O mapa termal apresenta dois ramos de maior aquecimento, o ramo Leste, formado pelos pontos P22, P23, P24, P25 e P26, com temperaturas variando entre 28,2°C (P26) e 36,8°C (22) e o ramo Centro, formado pelos pontos P6, P7, P8, P12, P13 e P14 com oscilação térmica entre 28,2° C (P11) e 31,2°C (P8 e P14) (Figura 55).

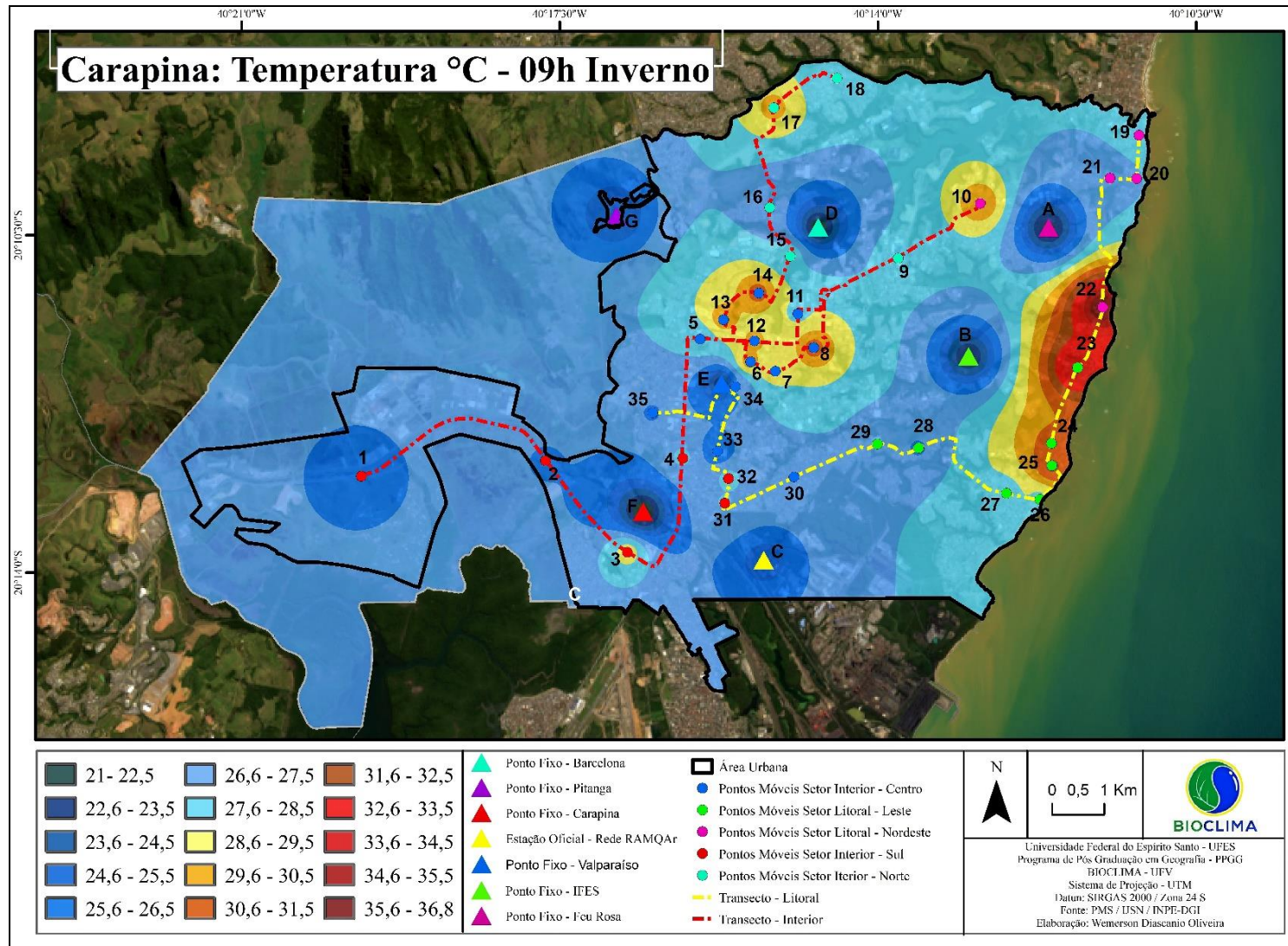


Figura 55 - Campo térmico do distrito de Carapina - 09h00min – Inverno.

Fonte: Wemerson Diascanio Oliveira

Conforme dito anteriormente na análise sinótica (item 6.2.1), na coleta de dados realizada às 9h00min do dia 18/07 o céu esteve parcialmente nublado em decorrência do transporte de umidade ocasionado pela presença do Anticiclone Subtropical do Atlântico Sul (ASAS) no oceano Atlântico. Esta condição de nebulosidade afetou diretamente nos valores de temperatura registrados nos termômetros, uma vez que em alguns pontos não havia a presença direta da insolação, em outros se observava nebulosidade fraca e uma pequena parte os pontos estavam expostos diretamente aos raios do Sol.

O ramo de aquecimento Leste apresentou os maiores valores térmicos, registrando temperaturas até 9,2°C acima da média da coleta matutina. Observando a tabela 19 é possível notar que os pontos que formam este ramo de temperaturas elevadas (P22, P23, P24, P25 e P26) estiveram sob radiação solar direta no momento de seus registros termais, contribuindo de maneira efetiva para a elevação das temperaturas nesses pontos de coleta. Essa tendência também foi observada pela análise de Pearson, em que a relação entre a temperatura do ar e luminosidade (Lux) foi moderada e de muito boa significância (Tabela 20).

Tabela 20 - Resultados da análise de Pearson referente ao campo térmico das 09h00min – Inverno.

Temperatura	Fatores	Pearson	p-value
Temperatura – 10h °C	Altitude	-0,16	0,3144
Temperatura – 10h °C	Radiação Solar	0,04	0,8158
Temperatura – 10h °C	Distância Linha de Costa	-0,33	0,0311
Temperatura – 10h °C	Velocidade Vento	-0,13	0,4169
Temperatura – 10h °C	Índice de Vegetação	-0,24	0,1198
Temperatura – 10h °C	<i>Sky View Factor</i>	0,17	0,2846
Temperatura – 10h °C	Intensidade do Tráfego	0,25	0,1115
Temperatura – 10h °C	Umidade	-0,63	<0,0001
Temperatura – 10h °C	Horas de Sol	0,30	0,0515
Temperatura – 10h °C	Lux	0,49	0,0011
Temperatura – 10h °C	Densidade Demográfica	-0,29	0,0606

Fonte: Wemerson Diascanio Oliveira

O ramo de aquecimento Centro (P6, P7, P8, P12, P13 e P14) registrou valores de temperatura até 3,6°C mais elevados que a média térmica da coleta das 9h00min. Os pontos 13 e 14 estiveram expostos diretamente aos raios solares no momento da leitura dos termômetros (Tabela 19), sendo, possivelmente, o fator mais preponderante na caracterização de seus valores termais, uma vez que estão dispostos em área de baixa geração de calor

antropogênico, com uso predominantemente residencial, baixa densidade demográfica e fluxo de veículos de baixa intensidade (Figuras 25, 26 e 38). Tendência verificada pela moderada correlação, porém muito boa significância entre os dados de temperatura e a luminosidade (Lux) (Tabela 20).

Os pontos P6, P7, P8 e P12 são pertencentes ao ramo de aquecimento Centro. Estes pontos estão dispostos em duas das principais vias de circulação do distrito, as avenidas Central e Eldes Scherer de Souza, ambas com fluxo de veículos de intensidade alta (Figura 38). Além disso, estão localizadas em área comercial e de alta densidade demográfica (figuras 25 e 26). Estes fatores podem ter contribuído para a elevação das temperaturas, ocasionada pela geração de calor antropogênico, associada à inércia térmica dos materiais construtivos, caracterizados por alta capacidade de retenção de calor.

Entretanto, não se pode desconsiderar a possibilidade destes locais terem recebido radiação direta do Sol momentos antes da efetivação dos registros térmicos, uma vez que nenhum dos pontos possui obstrução natural ou antrópica para a entrada de insolação no período matutino (Tabelas 13 e 15).

Na análise referente às 9h00min. os fatores antrópicos, como densidade demográfica, uso e ocupação da terra, tráfego veicular, densidade das construções, materiais construtivos, entre outros não apresentaram grande influência no comportamento do campo térmico (Tabela 20). Este fato pode estar associado à condição de nebulosidade e às diferenças nas entradas de radiação solar direta nos pontos de coleta, fazendo com que os efeitos dos atributos humanos na temperatura fossem minimizados.

Assim, neste horário de coleta de dados, sob condição de céu coberto por nebulosidade, não foi possível identificar a formação de ilhas de calor, uma vez que não ficam claros os fatores responsáveis pelo aquecimento mais elevado dos pontos de coleta.

6.2.3 Análise Episódica da Coleta de Inverno – 15h00min

O gradiente térmico vespertino foi de 8,2°C, sendo 34°C (P15) a temperatura máxima registrada neste horário e 25,8°C (P19) a temperatura mínima (Figura 56). A partir do meio da manhã o céu não apresentava mais a nebulosidade observada na coleta matutina, assim, os transects realizados às 15h00min ocorreram sob condição de céu claro, tempo estável e ventos

com baixa velocidade. Esta condição de estabilidade atmosférica fez com que o gradiente térmico das 15h00min (8,2°C) fosse menor que o observado às 9h00min (15,6°C).

A média térmica para este horário foi de 31,1°C e a maior parte dos pontos de coleta apresentaram valores de temperatura acima dos 28,0°C (Figura 56).

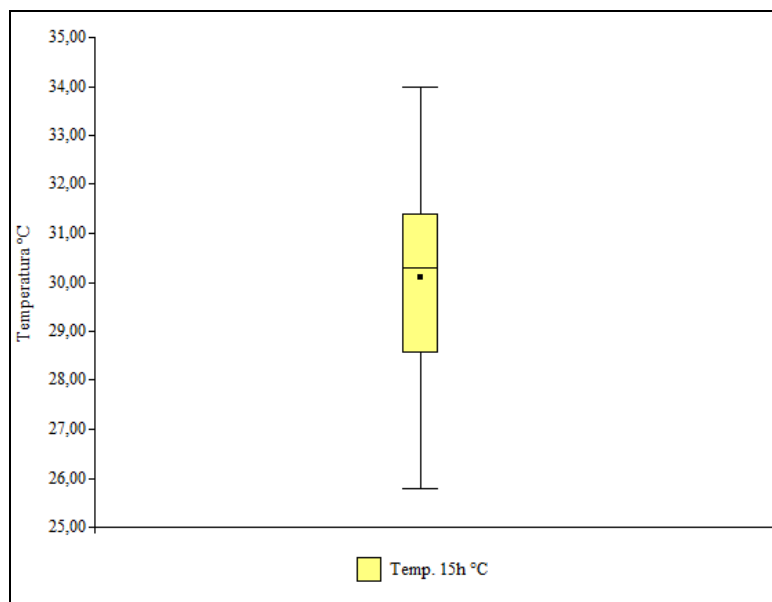


Figura 56 - Variação da temperatura do ar referente às 15h00min – Inverno.

Fonte: Wemerson Diascanio Oliveira

O comportamento das temperaturas às 15h00min do dia 18/07 mostrou padrão de comportamento semelhante ao campo térmico das 16h00min da coleta de verão (17/01) (Figura 57). Nas duas situações observa-se que os valores de temperatura apresentam crescimento partindo do litoral em direção ao interior do distrito de Carapina.

Este padrão de comportamento não se manifestou nas análises de Corrêa (2014) na cidade de Vitória-ES e de Garcia e Pardo (2017) na cidade espanhola de Lloret del Mar.

Na capital capixaba as áreas mais aquecidas do período vespertino se localizaram ao Norte e ao Sul e o litoral não se mostrou com temperaturas tão inferiores à porção interiorana. A grande quantidade de prédios de elevados pavimentos dificulta a entrada dos ventos de brisa marítima, acabando por não amenizar as temperaturas do ar logo atrás dos prédios da costa (CORREA, 2014).

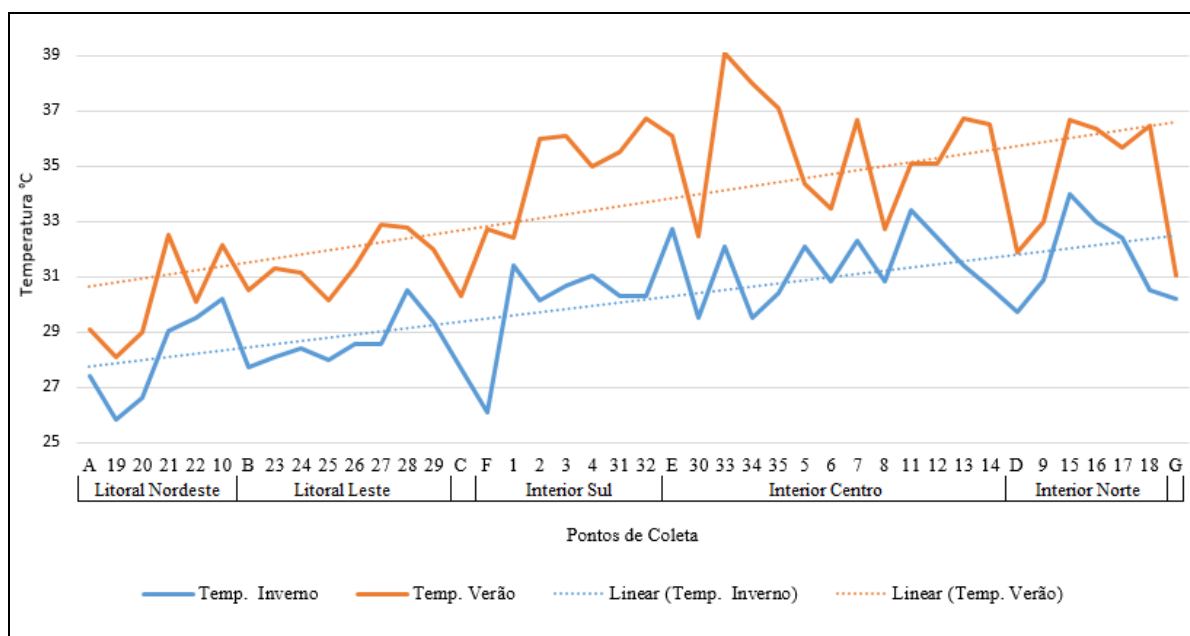


Figura 57 - Comportamento da temperatura do ar nas coletas vespertinas de verão (16h00min) e inverno (15h00min).

Fonte: Wemerson Diascanio Oliveira

Já na cidade espanhola o campo térmico mostrou padrão inverso ao observado em Carapina, ou seja, as temperaturas do litoral se mostraram mais aquecidas que o interior. Segundo Garcia e Pardo (2017), as áreas litorâneas possuem um grande fluxo de pessoas e veículos decorrentes da intensa atividade turística da região, fazendo com que as temperaturas no litoral se elevem. Além disso, assim como observado na capital capixaba por Correa (2014), Garcia e Pardo (2017) apontam a verticalização da costa como fator inibidor da ação dos ventos no litoral.

No caso da coleta das 15h00min, pode-se destacar um ramo com temperaturas mais amenas disposto no litoral (ramo Litoral), e um outro ramo localizado no interior do distrito com temperaturas mais elevadas (ramo Centro-Norte) (Figura 58).

O ramo Litoral é composto por pontos de coleta dos setores Litoral Nordeste e Litoral Leste. Nessa área as temperaturas foram inferiores às 29,5°C. Já o ramo de aquecimento Centro-Norte está localizado na porção Oeste da área urbana do distrito de Carapina, abarcando pontos de coleta dos setores Interior Sul, Interior Norte e Interior Centro. Nestes pontos as temperaturas foram superiores a 30,6°C (Figura 58).

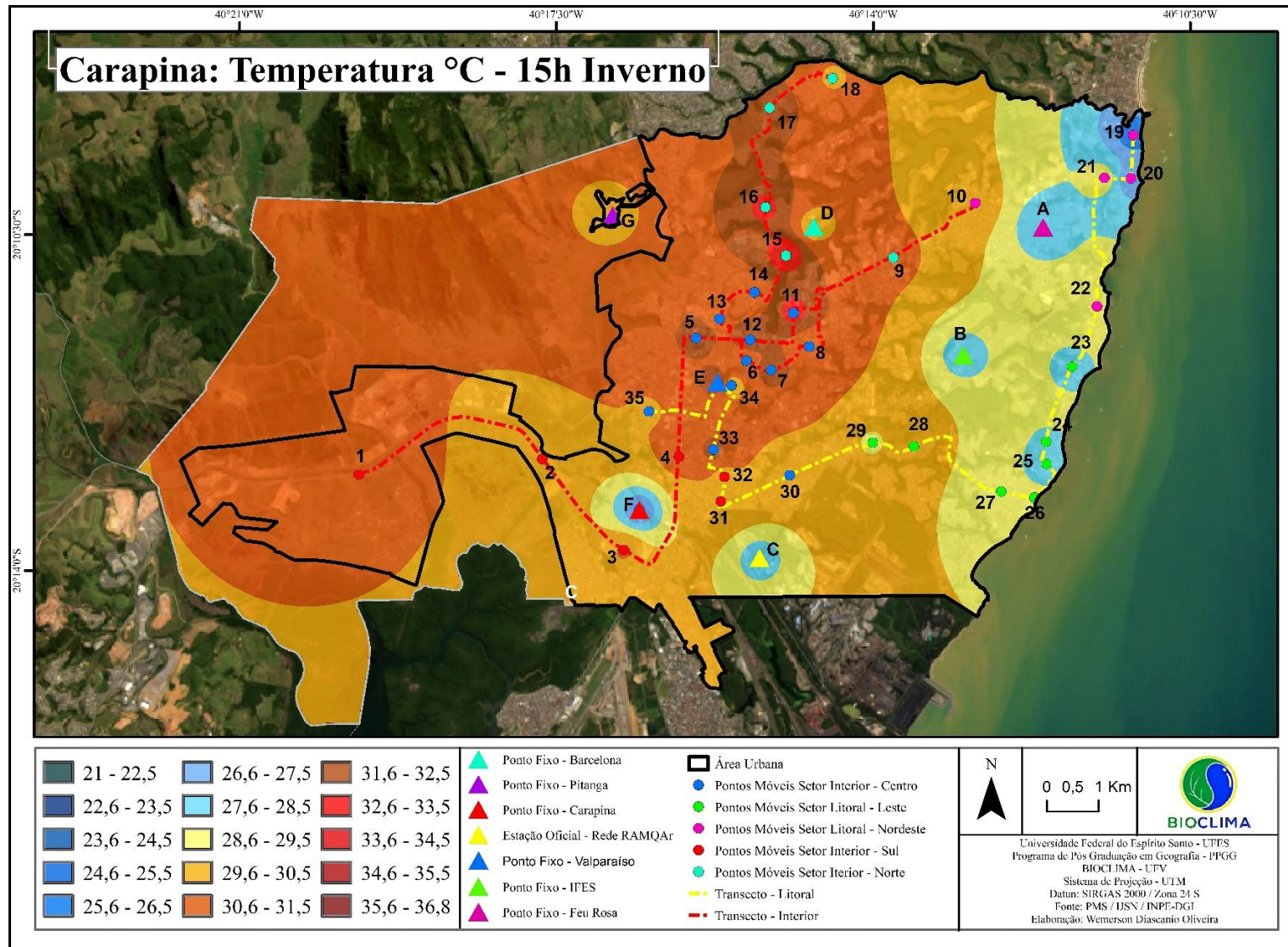


Figura 58 - Campo térmico do distrito de Carapina - 15h00min – Inverno.

Fonte: Wemerson Diascanio Oliveira

O ramo Litoral é composto pelos pontos de coleta PA, PB, P19, P20, P21, P22, P23, P24, P25, P26 e 27 (Figura 58). Nesta área a temperatura média foi de 28°C, sendo 25,8°C (P19) o valor mais baixo registrado e 29,5°C (P22) a maior temperatura do ramo.

Assim como na coleta vespertina de verão (16h00min – 17/01), observa-se que o comportamento termal das 15h00min de inverno também é fruto, especialmente, da associação entre as características e dinâmicas urbanas locais e a atuação dos ventos de brisa.

Os pontos de coleta do ramo Litoral são, predominantemente, de uso residencial (mais de 55%) (Figura 25), sendo que os pontos de uso comercial não apresentam grande atividade, caracterizando-se por um comércio local. As residências localizadas nesta região são, em sua maioria, de padrão econômico mais elevado, construídas por matérias de melhor qualidade, com baixa capacidade de retenção de calor e alto calor específico (Tabela 9). A área possui baixa densidade demográfica (Figuras 26) e o tráfego veicular é de média e baixa intensidade (mais de 75%) (Figura 38). Estas características dotam a área pouca capacidade de geração de calor antropogênico.

Além das características relacionadas aos aspectos urbanísticos e construtivos, outro fator que mostrou grande influência no comportamento térmico do ramo Litoral é a proximidade dos pontos de coleta em relação à orla. Esta tendência pode ser observada na tabela 21, em que a correlação entre a temperatura e a distância dos pontos em relação à linha de costa foi moderada e de muito boa significância.

Tabela 21 - Resultados da análise de Pearson referente ao campo térmico das 15h00min – Inverno.

Temperatura	Fatores	Pearson	p-value
Temperatura – 10h °C	Altitude	0,69	<0,0001
Temperatura – 10h °C	Radiação Solar	0,04	0,7883
Temperatura – 10h °C	Distância Linha de Costa	0,55	0,0002
Temperatura – 10h °C	Velocidade Vento	-0,11	0,4727
Temperatura – 10h °C	Índice de Vegetação	-0,22	0,1696
Temperatura – 10h °C	<i>Sky View Factor</i>	0,10	0,5211
Temperatura – 10h °C	Intensidade do Trafego	0,50	0,0008
Temperatura – 10h °C	Umidade	-0,64	<0,0001
Temperatura – 10h °C	Horas de Sol	-0,10	0,5453
Temperatura – 10h °C	Lux	0,10	0,5304
Temperatura – 10h °C	Densidade Demográfica	0,04	0,7908

Fonte: Wemerson Diascanio Oliveira

Conforme se observa na figura 53, os ventos começaram a soprar do oceano em direção ao continente (quadrante ESE) às 10h00min. Neste sentido, como os pontos de coleta deste ramo de temperaturas amenas possuem baixo adensamento urbano, com valores de SVF variando entre alto (70,0% dos pontos) e moderado (30,0% dos pontos), pode-se supor que a morfologia urbana favorável à ventilação, associada à entrada de brisa marítima (favorecida pela localização dos pontos nas proximidades da orla) ajudaram na dispersão do calor irradiado pela superfície e transportaram o calor sensível destes locais para outras áreas do distrito.

O ramo de aquecimento Centro-Norte é composto pelos pontos PE, P4, P5, P6, P7, P8, P9, P11, P12, P13, P14, P15, P17 e P33). A temperatura nessa área oscilou entre 30,6°C (P14) e 34°C (P15), sendo 31,9°C a temperatura média deste ramo.

Como pode ser demonstrado pela análise de Pearson (Tabela 21), pelos dados da tabela 22 e pela figura 59, as temperaturas mais elevadas desta porção do distrito, em comparação ao restante da área urbana de Carapina, podem estar associadas, espacialmente, à distância dos pontos de coleta em relação à orla, à geração de calor antropogênico e às características de uso e ocupação da terra. O reflexo destes fatores no comportamento do campo térmico vespertino também foi observado na análise de verão (16h00min do dia 17/01) (item 6.1.2).

Conforme observado nas figuras 57 e 58, as temperaturas referentes às 15h00min apresentaram tendência de aumento partindo do litoral em direção ao interior do distrito. Este comportamento também está exposto na tabela 21, em que a correlação entre os valores de temperatura e a distância em relação à linha de costa mostrou-se moderada positiva e de muito boa significância.

Os ventos de brisa marítima mostraram-se mais atuantes nas proximidades da orla, tendo um efeito amenizador das temperaturas nos pontos de coleta litorâneos. Já nos pontos interioranos, os obstáculos gerados pela morfologia urbana inibem a sua penetração e dificultam a dispersão do calor sensível para as camadas mais altas da atmosfera. Além disso, o calor gerado nos setores Litoral Leste e Litoral Nordeste pode ser transportado pelo movimento horizontal dos ventos para os setores mais distantes do litoral, acentuando o aquecimento do interior da área urbana do distrito de Carapina em relação ao seu litoral.

Outro importante aspecto a ser considerado na análise da configuração térmica do ramo de aquecimento Centro-Norte é a grande geração de calor antropogênico advindo do intenso

tráfego veicular. Como pode ser observado na tabela 22 e na figura 38, a maior parte dos pontos de coleta deste ramo estão inseridos em importantes vias de circulação de veículos leves e pesados, sendo a maior parte de alta intensidade (78,5%) (BR101, a Av. Norte Sul, a Av. Eldes Scherer de Souza e a Av. Central de Laranjeiras). Esta relação também é apontada pela análise de Pearson, em que a correlação entre os valores de temperatura a intensidade do tráfego veicular apresentou-se moderada e de muito boa significância. (Tabela 21).

Tabela 22 - Intensidade do tráfego veicular nos pontos de coleta do ramo de aquecimento Centro-Norte.

Ponto de coleta	Intensidade do tráfego veicular	Ponto de coleta	Intensidade do tráfego veicular
PE	Alta	P11	Média
P4	Alta	P12	Alta
P5	Alta	P13	Leve
P6	Alta	P14	Leve
P7	Alta	P15	Alta
P8	Alta	P17	Alta
P9	Alta	P33	Alta

Fonte: Wemerson Diascanio Oliveira

As características construtivas dos pontos que compõem o ramo de aquecimento Centro-Norte também se configuram como condicionantes fundamentais para o aquecimento desta porção do distrito de Carapina.

A maior parte dos pontos de coleta deste ramo são classificados como de uso comercial ou indústria e logística (71,0%) (Figura 25), caracterizados por se constituírem de materiais de baixo calor específico e alta capacidade de retenção de calor, além disso, esta porção do distrito apresenta elevado adensamento urbano (Figura 59).

Associado ao padrão construtivo, observa-se a entrada de radiação solar direta nos pontos de coleta desde as primeiras horas da manhã, uma vez que 100% dos locais de mensuração possuem baixa ou média obstrução da abóboda celeste e não possuem obstáculos que impeçam a entrada da luz solar nos períodos matutinos e vespertinos (Tabelas 13 e 15).

Conforme observado por Moura *et al* (2008) na cidade de Fortaleza, o padrão homogêneo da massa edificada desta porção do distrito de Carapina, com ausência de verticalização e baixo percentual de vegetação, pode ter acelerado o aquecimento superficial e, conseqüentemente, aquecido o ar sobrejacente por convecção.

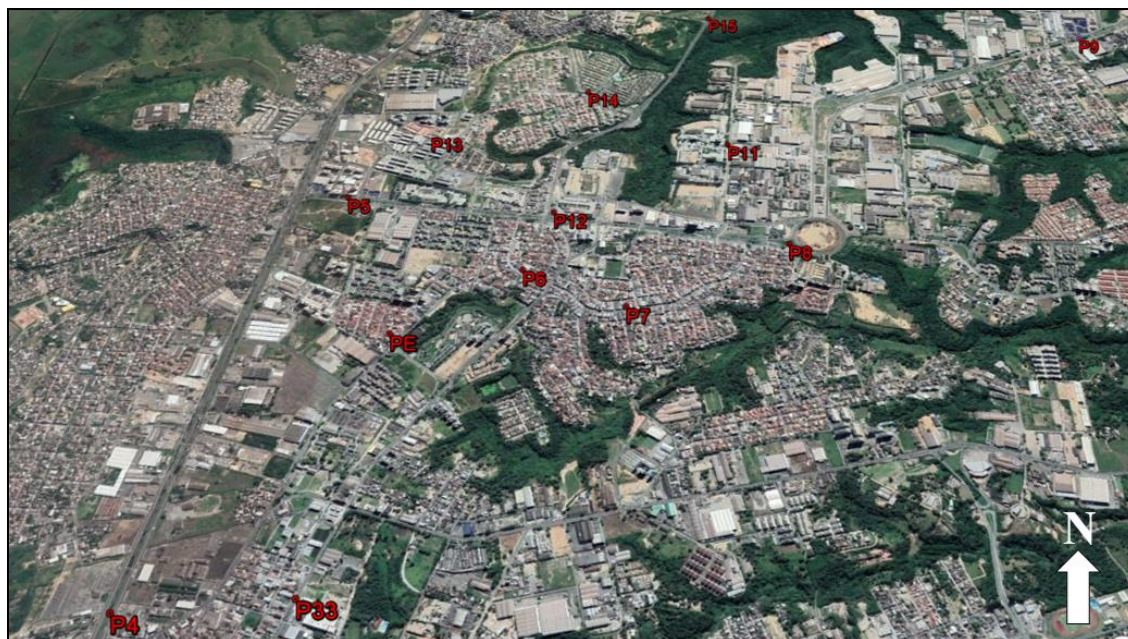


Figura 59 - Localização de alguns dos pontos que compõem o ramo de aquecimento Centro-Norte. (Sem escala).

Fonte: Google Earth Pró

A análise dos condicionantes geourbanos e geocológicos associados à configuração do campo térmico referente às 15h00min do dia 18/07, permite considerar a formação de uma ilha de calor de média a muito forte magnitude, apresentando gradiente térmico médio de 2,9°C e máximo de 8,2°C entre o ramo de temperaturas amenas localizado na região litorânea e o ramo de aquecimento Centro-Norte. (Figura 60)

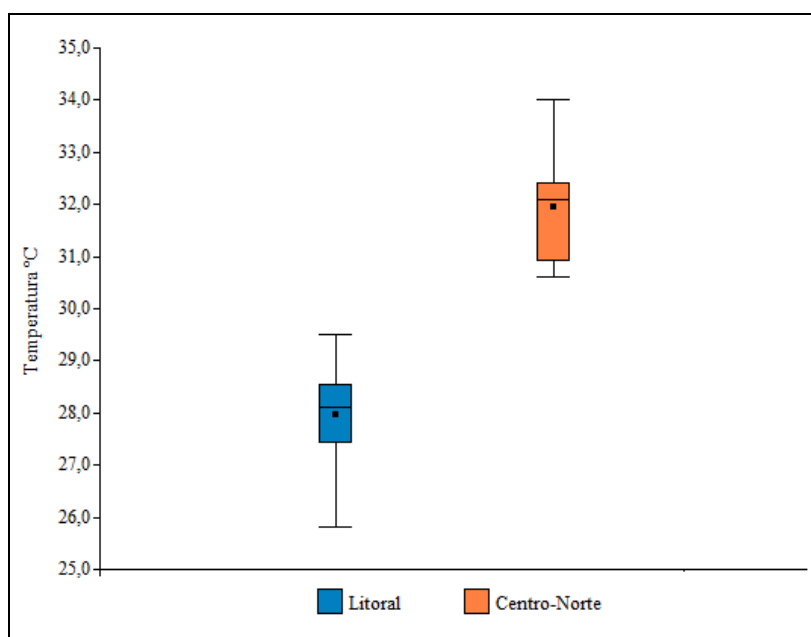


Figura 60 - Variação térmica entre os ramos quentes e frios - 15h00min – Inverno.

Fonte: Wemerson Diascanio Oliveira

A maior diferença de temperatura foi registrada entre os pontos P19 (25,8°C) e P15 (34,0°C). A maior parte dos pontos de coleta do ramo Litoral registraram valores termais abaixo dos 29,0°C (80,0%). Já nos pontos aquecidos do ramo Centro-Norte predominaram temperaturas superiores a 31°C (71,0%).

6.2.4 Análise Episódica da Coleta de Inverno – 20h00min

O gradiente térmico noturno da coleta de dados de inverno foi de 5,4°C, 2,5°C acima do registrado no mesmo horário no período de verão. As temperaturas oscilaram entre 22°C (PC) e 27,4°C (PA) e a média térmica ficou na casa dos 24,9°C. (Figura 61)

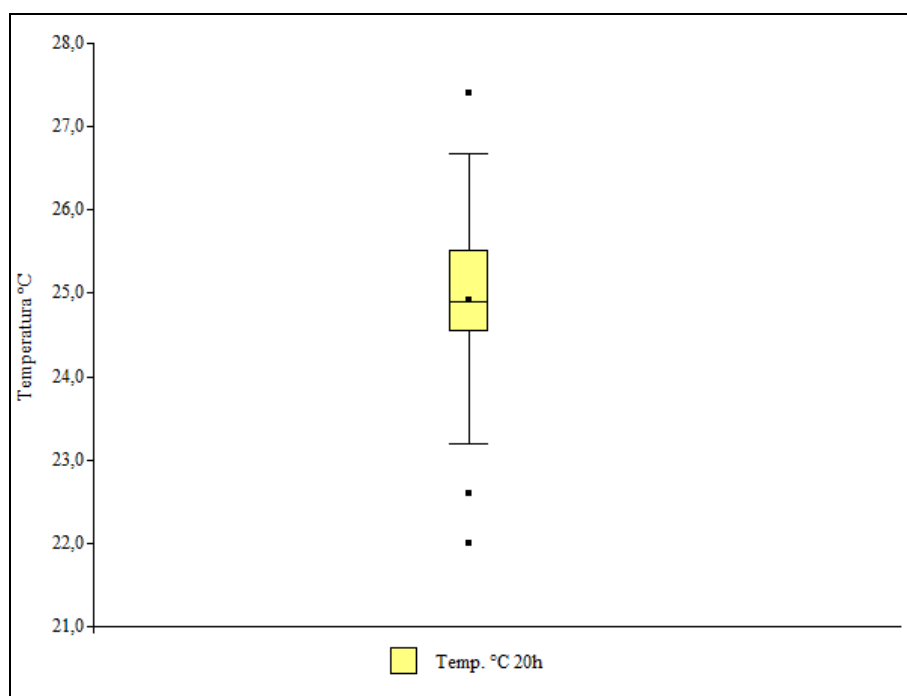


Figura 61 - Variação da temperatura do ar referente às 20h00min – Inverno.

Fonte: Wemerson Diascanio Oliveira

A maior variação térmica noturna registrada no inverno em relação ao verão pode estar relacionada à menor presença de umidade no ar (característica comum nesta estação) em associação com os atributos geourbanos. A baixa umidade do ar contribui para que áreas pouco urbanizadas percam com facilidade o calor acumulado ao longo do dia, enquanto as áreas em que se observa alta densidade das construções, S.V.F. baixo e a presença de materiais construtivos de maior capacidade de retenção de calor, apresentam maior dificuldade em dispersar o calor sensível, tornando as diferenças térmicas entre alguns pontos presentes no tecido urbano mais proeminentes.

A análise do campo térmico das 20h00min mostra um comportamento praticamente homogêneo. Não foi possível observar nenhum ramo com valores de temperatura discrepantes, destacando-se apenas alguns pontos de coleta que apresentam registros termias mais elevados e mais amenos que o comportamento médio do conjunto de dados noturnos. (Figura 62)

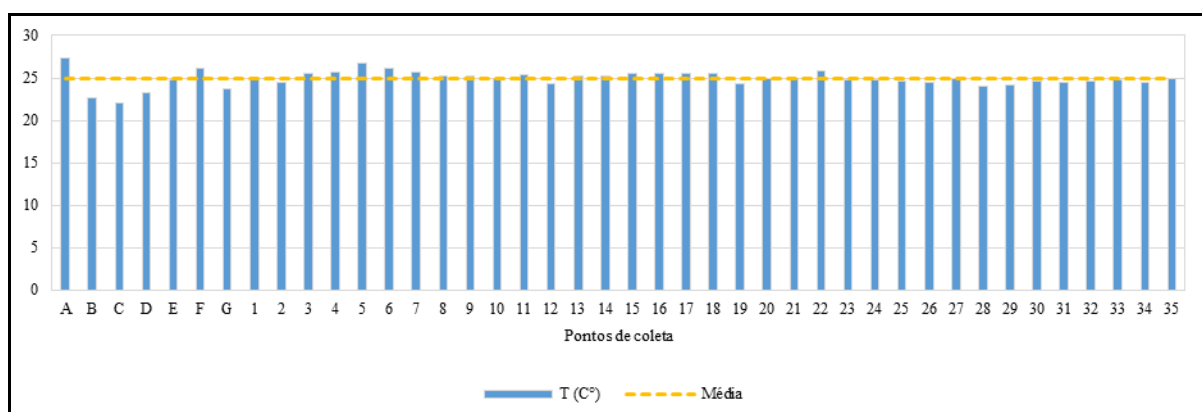


Figura 62 - Comportamento da temperatura do ar nos pontos de coleta fixos e móveis - 20h00min – Inverno.

Fonte: Wemerson Diascanio Oliveira

A maior parte dos pontos de coleta (83%) registraram temperaturas entre 24,1°C e 25,8°C, apresentando variação térmica de apenas 1,7°C. Os locais que apresentaram os maiores valores de temperatura são representados pelos pontos PA (27,4°C), PF (26,1°C), P5 (26,7°C) e P6 (26,2°C). Já as áreas com temperaturas mais amenas estão localizadas nos pontos PB (22,6°C), PC (22°C), PD (23,2°C) e PG (23,7°C) (Figura 63).

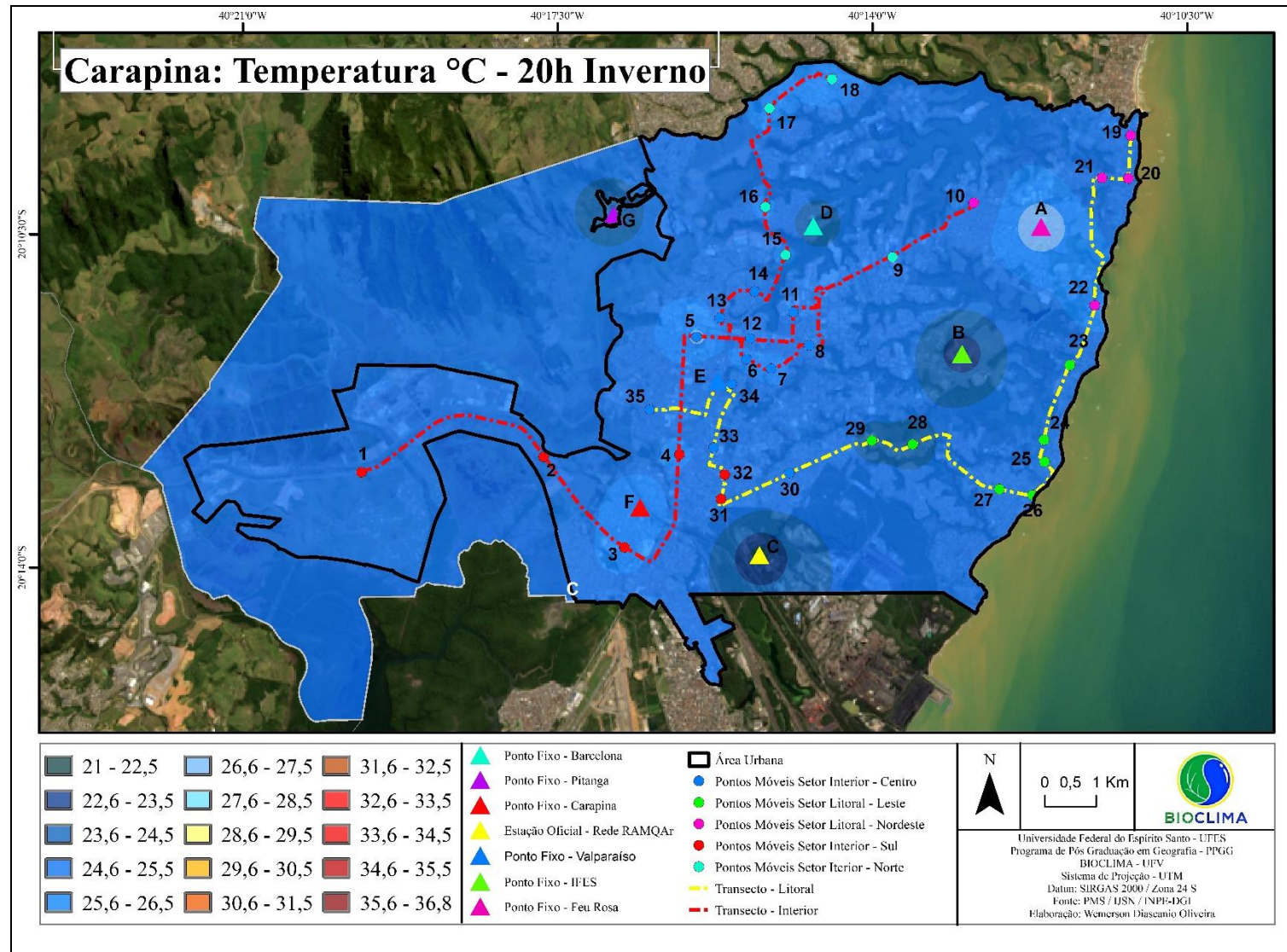


Figura 63 - Campo térmico do distrito de Carapina - 20h00min – Inverno.

Fonte: Wemerson Diascanio Oliveira

Os valores mais elevados de temperatura do ar dos pontos PA e PF podem estar associados, especialmente, aos baixos índices de S.V.F. e às características de cobertura da terra.

Estes locais apresentam moderada (PA) e alta (PF) obstrução da abóboda celeste (Tabela 15). Os obstáculos construtivos dificultam a dispersão do calor irradiado pela superfície, podendo tornar estes locais mais aquecidos no período noturno. Além disso, os dois pontos estão inseridos em áreas de alta densidade demográfica (Figura 26) e com elevado adensamento urbano (Tabela 9).

Nestes pontos observa-se que o índice de vegetação é extremamente baixo (Figura 37) e a superfície apresenta-se altamente imperializada. Estas características superficiais podem acarretar maior acúmulo de calor e dificultar o resfriamento noturno. Fator delineado pela análise de Pearson, em que mostra correlação negativa moderada e de muito boa significância entre os dados de temperatura e os índices de vegetação (Tabela 23).

Tabela 23 - Resultados da análise de Pearson referente ao campo térmico das 20h00min – Inverno.

Temperatura	Fatores	Pearson	p-value
Temperatura – 10h °C	Altitude	0,11	0,4931
Temperatura – 10h °C	Radiação Solar	0,05	0,7639
Temperatura – 10h °C	Distância Linha de Costa	0,12	0,4557
Temperatura – 10h °C	Velocidade Vento	-0,07	0,6601
Temperatura – 10h °C	Índice de Vegetação	-0,39	0,0097
Temperatura – 10h °C	<i>Sky View Factor</i>	-0,21	0,1926
Temperatura – 10h °C	Intensidade do Tráfego	0,29	0,0595
Temperatura – 10h °C	Umidade	-0,45	0,0025
Temperatura – 10h °C	Horas de Sol	0,09	0,2496
Temperatura – 10h °C	Densidade Demográfica	0,22	0,1552

Fonte: Wemerson Diascanio Oliveira

Já os pontos aquecidos P6 e P7, além de também apresentarem obstrução moderada da abóboda celeste, superfície com baixíssimos índices de vegetação e constituírem áreas altamente imperializadas, apresentam acentuada atividade comercial (Figura 25) e tráfego de veículos de alta intensidade (Figura 38).

O tráfego de veículos é apontado pela análise de Pearson com um dos principais fatores responsáveis pela configuração do campo térmico noturno do distrito de Carapina. Segundo a

análise, a correlação entre os valores de temperatura e a intensidade do tráfego veicular é fraca, porém de boa significância (Tabela 23).

Os pontos PA, PF, P5 e P6 apresentam em comum característica que contribuem para a retenção de calor no período noturno. Como apontado por Amorim (2010) e Nobrega *et al* (2016), nas áreas densamente construídas os materiais superficiais impermeáveis e os baixos índices de vegetação fazem com que o calor acumulado ao longo do dia seja liberado lentamente após o pôr do sol, tornando essas áreas da cidade mais aquecidas no período noturno.

Os pontos que registraram as temperaturas mais amenas na coleta noturna de inverno (PB - 22,6°C, PC - 22,0°C, PD - 23,2°C e PG - 23,7°C) apresentam características semelhantes quanto às características superficiais e às dinâmicas urbanas. Todos estes pontos possuem índices de vegetação elevados e baixa intensidade de tráfego veicular, dois dos principais fatores apontados pela correlação de Pearson como responsáveis pela configuração do campo térmico do distrito (Tabela 23).

Além disso, estes pontos de coleta possuem valores muito altos de S.V.F., fazendo com que o calor armazenado nas superfícies ao longo do dia consiga se dissipar com facilidade ao anoitecer (Tabela 13).

Apesar da aparente homogeneidade do campo térmico noturno da coleta de inverno, é possível considerar a formação de um arquipélago de calor, com pontos quentes e frios espalhados pelo tecido urbano do distrito de Carapina (Figura 63).

Entre os pontos de destaque, a maior diferença térmica observada é de 5,4°C, representada pelos pontos PA (27,4°C) e PC (22,0°C), caracterizando uma ilha de calor de forte magnitude. Já o menor gradiente de temperatura é formado pelos pontos PF (26,1°C) e PG (23,7°C), formando uma ilha de calor de média magnitude (2,4°C) (Figura 64).

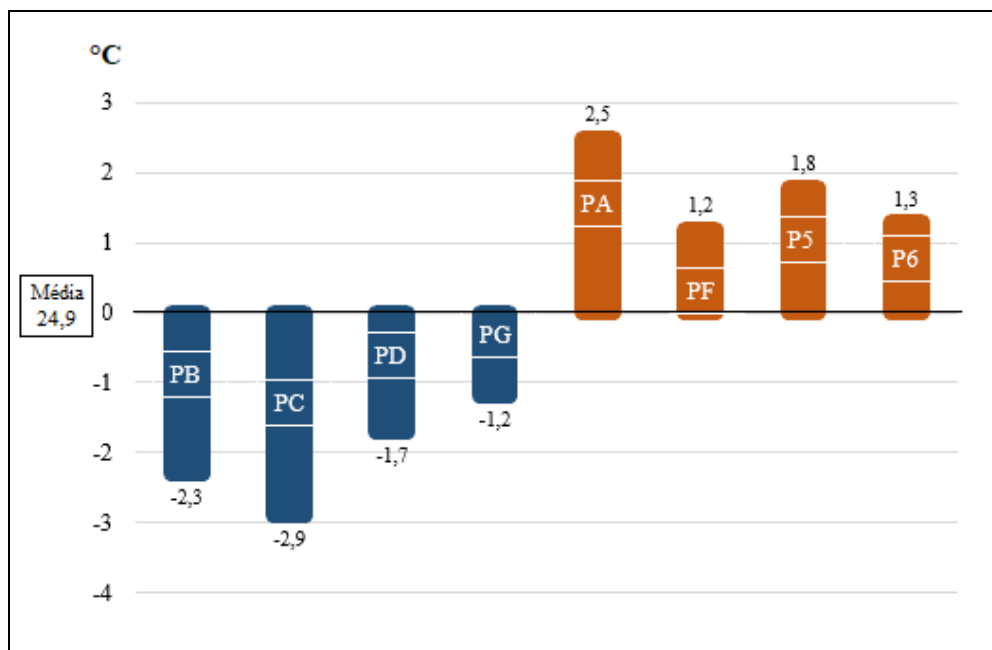


Figura 64 - Diferença de temperatura do ar entre os pontos mais aquecidos e mais amenos às 20h00min – Inverno.

Fonte: Wemerson Diascanio Oliveira

6.2.5 Análise Sazonal – Inverno

A fim de analisarmos o comportamento dos valores de temperatura ao longo da estação de inverno, foi elaborado um gráfico tipo BoxPlot com os registros dos sete pontos de coleta fixos (Figura 65).

Diferente do observado na coleta sazonal de verão (item 6.1.5), o ponto que registrou a maior média térmica no inverno foi o PG (24°C). Esse valor encontra-se 0,9°C acima da média dos pontos fixos para essa estação e 1,3°C mais aquecido que a média de temperatura da normal climatologia (julho, agosto e setembro – 22,7°C) (Figura 24)

O ponto PG além de apresentar média de temperatura elevada também possui uma grande amplitude térmica (18,5°C). Este ponto está localizado em um bairro de aspecto rural e baixa geração de calor antropogênico. No entanto, sua posição favorece a entrada de calor sensível transportado de outras áreas do distrito. Além disso, outro aspecto que favorece o comportamento termal observado no ponto PG é cobertura da terra no qual está instalado o miniabrigo meteorológico, caracterizado por possuir grande emissividade e reflectividade.

O ponto que apresenta a maior quantidade de registros termais elevados é o ponto PE (Figura 65). Este ponto também possui o valor máximo de temperatura (37,7°C), 15°C acima da

média para a estação de inverno e 14,6° mais aquecido que a média das temperaturas observadas nos pontos fixos neste período do ano (23,1°C).

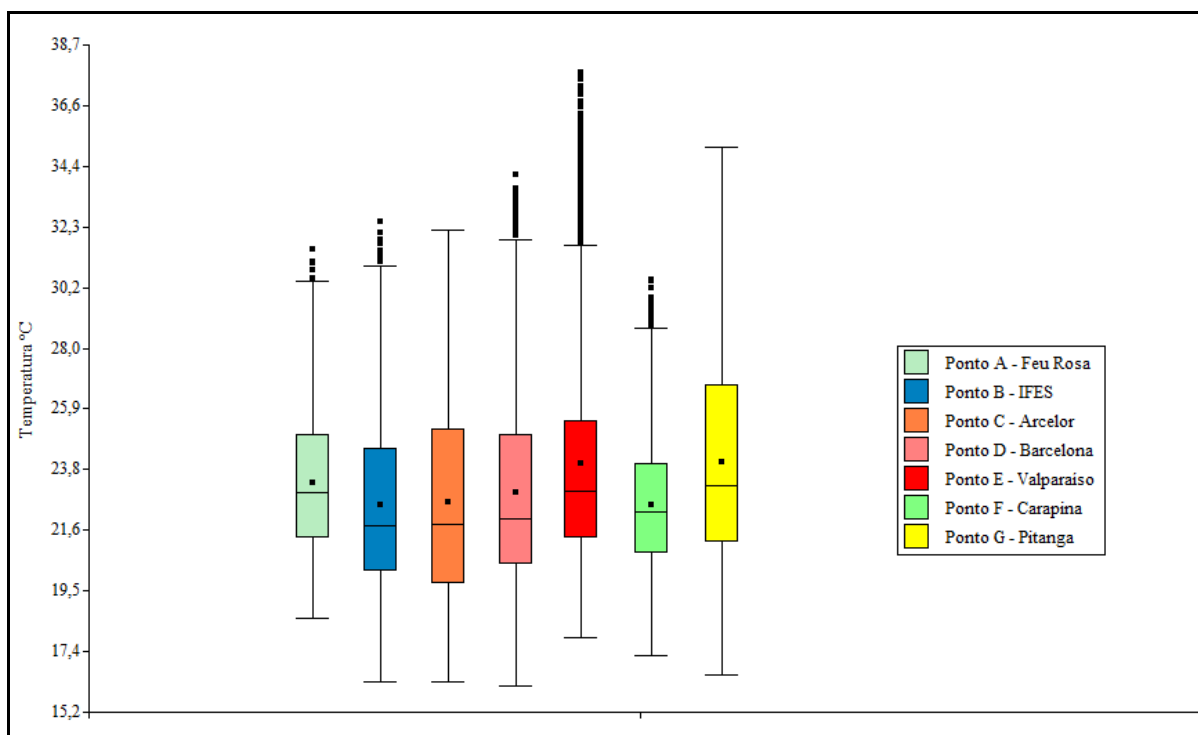


Figura 65 - Variação térmica nos pontos fixos – Inverno.

Fonte: Wemerson Diascanio Oliveira

O ponto PE está localizado na porção interiorana do distrito de Carapina, possuindo grande densidade demográfica, cobertura da terra impermeabilizada, baixos índices de vegetação e grande geração de calor antropogênico, advindo, especialmente, das duas principais vias de circulação do município (BR-101 e Av. Norte Sul). Além desses fatores de ordem geourbana, sua posição distante da linha de costa e dos efeitos amenizadores da brisa marítima, favorecem a manutenção de valores de temperaturas elevados.

A menor média de temperatura foi registrada no ponto PB (22,4°C) (Figura 65). Esse valor é 0,7°C mais baixo que a média dos pontos fixos e 0,3°C menor que a média da normal climatológica para o período do inverno.

O ponto PB está localizado próximo à praia e possui alto valor de S.V.F. Além disso, o ponto não está inserido em uma área com grande geração de calor antropogênico e possui índice de vegetação elevado. A associação destes fatores reduz a geração de calor sensível e facilitam a dissipação das ondas longas para outras porções do distrito.

O valor mais baixo de temperatura observado na estação de inverno foi de 16,1°C no ponto PD. Além deste, os pontos PB e PC (ambos registrando 16,3°C) também apresentaram temperaturas mínimas bem abaixo da média das estações fixas (Figura 18). Estes pontos, além de estarem dispostos em áreas de baixa geração de calor antropogênico, possuem índices de vegetação elevados e estão instalados sobre a grama.

O ponto PF apresentou a menor temperatura máxima (30,5°C) e uma das menores amplitudes térmicas (13,3°C). Este comportamento termal pode estar relacionado à baixa incidência de radiação solar direta no ponto de coleta. O baixo índice de S.V.F. e a disposição das construções impedem que o local esteja exposto ao sol na maior parte do dia, recebendo insolação direta apenas de 09h30min as 11h30min.

7. CONSIDERAÇÕES FINAIS

As cidades possuem a capacidade de influenciar o comportamento dos elementos climáticos em escala local. A expansão da mancha urbana, as propriedades físicas dos materiais construtivos, a intensa impermeabilização do solo, a concentração cada vez maior de pessoas e veículos, a supressão de áreas verdes, entre outras características dos ambientes urbanos podem modificar o balanço de energia entre a superfície e a atmosfera.

As transformações na superfície urbana fazem com que cada vez mais ondas curtas sejam absorvidas e reemitidas em forma de ondas longas para a atmosfera. Esse crescente aporte de calor sensível é capaz de formar ilhas de calor e gerar desconforto térmico, podendo impactar negativamente na qualidade de vida na cidade, aumentar o consumo energético e intensificar os problemas de saúde, especialmente para população que vive em situação de vulnerabilidade socioeconômica.

Nesta pesquisa foi possível observar que as áreas urbanas não formam um todo homogêneo. O ambiente intra-urbano possui particularidades naturais e principalmente em relação ao processo de uso e ocupação da terra a suas dinâmicas. Esta complexidade presente nas cidades e em seus entornos reflete no comportamento dos elementos climáticos, podendo gerar respostas térmicas variadas, condicionadas pela associação de fatores de ordem geourbana e geocológica.

No caso específico do distrito de Carapina, tanto em situação sazonal de verão quanto de inverno, ambas sob atuação da ASAS, foi possível notar tendência de aumento da temperatura partindo do litoral em direção ao interior do continente, especialmente nas coletas vespertinas e noturnas.

As áreas mais aquecidas ficaram mais bem definidas na coleta de dados referente às 16h00min (Verão) e 15h00min (Inverno). No entanto, também é possível observar ilhas de calor de intensidade mais moderadas no período da manhã (Verão) e nas coletas noturnas (Verão e Inverno). Resultado semelhante foi observado por Corrêa (2014) e Corrêa e Vale (2016) em Vitória-ES, cidade vizinha à nossa área de estudo.

A literatura tradicional sobre ilha de calor aponta para seu caráter noturno, possuindo maior intensidade no inverno e formada em condições de vento fraco (PITTON, 1997; LOMBARDO, 2009). No entanto, os resultados da pesquisa demonstraram que, no caso do distrito de Carapina, as ilhas de calor de maiores intensidades foram observadas no período

vespertino, em situação sazonal de verão e manifestando-se mesmo com ventos de intensidade moderada e alta. (Tabela 24)

Tabela 24 - Intensidade máxima das ilhas de calor observadas sazonalmente no distrito de Carapina-Serra/ES.

Estação	Período	Intensidade Máxima	Sistema Atmosférico	Velocidade do Vento
Verão	Manhã (10h)	5,2°C	ASAS	3,6 m/s
	Tarde (16h)	11°C	ASAS	8,2 m/s
	Noite (20h)	2,9°C	ASAS	8,2 m/s
Inverno	Manhã (9h)	-----	ASAS	0,9 m/s
	Tarde (15h)	8,2°C	ASAS	1,3 m/s
	Noite (20h)	5,4°C	ASAS	0,6 m/s

Fonte: Wemerson Diascanio Oliveira

O pico de calor de maior intensidade foi observado na coleta realizada às 16h00min (Verão). Entre os pontos P33 (39,1°C) e P19 (28,1°C) a diferença de temperatura foi de 11,0°C. No período matutino só foi possível detectar a formação da ilha de calor no Verão. Já na análise noturna a ilha de calor de maior intensidade foi observada no Inverno, apresentando gradiente térmico máximo de 5,4°C entre os pontos PC (22°C) e PA (27,4°C).

No período noturno, mesmo se tratando de uma cidade média, com grande contingente populacional e pungência comercial e industrial, não se observou grandes diferenças térmicas entre os pontos de coleta, com exceção de pontos específicos da coleta realizada no Inverno. Este fato mostrou-se associado à configuração da morfologia urbana e natural que não impõe grandes obstáculos para dispersão do calor sensível para as camadas mais altas da atmosfera após o pôr do sol.

De acordo com as análises de Pearson e os dados observacionais, os principais fatores responsáveis pelo comportamento do campo térmico estão associados, especialmente, à configuração da morfologia urbana, aos diferentes padrões de uso e ocupação da terra, à variação da intensidade do tráfego veicular, à presença ou não de vegetação, à atuação dos ventos de brisa marítima e pela característica do relevo local.

As áreas em que se observadas as temperaturas mais amenas estiveram associadas ao uso residencial e à baixa geração de calor antropogênico, em consonância com o resfriamento da superfície e à dispersão do calor sensível decorrente da atuação dos ventos de brisa marítima. Este último fator inclusive se mostrou como um dos principais condicionantes do

comportamento do campo térmico, entretanto se fazem necessárias pesquisas mais aprofundadas sobre essa relação.

O deslocamento horizontal do vento partindo do oceano em direção ao continente mostrou-se mais atuante no litoral em relação às partes mais interioranas do distrito, contribuindo para que os pontos localizados nos setores do litoral fossem resfriados com maior intensidade em detrimento dos pontos dos setores do interior. Este comportamento também foi observado na costa valenciana por Péres Cueva (2001) e Quereda *et al* (2007).

Outra questão associada ao movimento de brisas é o aparente transporte de parte do calor gerado e irradiado na porção leste para a porção oeste do distrito. Este processo pode ser observado pelo aquecimento do ponto fixo PG. Este ponto de coleta, apesar de estar inserido em local de aspecto rural e de baixa geração de calor antropogênico apresenta temperaturas elevadas. De acordo com a análise, seu aquecimento pode estar relacionado, dentre outros fatores, ao calor advindo de outras porções do distrito em direção ao interior.

Foi possível observar que as áreas mais aquecidas estão localizadas na porção mais dinâmica do distrito, que exerce centralidade no comércio e na indústria e logística, possui grande densidade demográfica, baixos índices de vegetação e alta intensidade de circulação de veículos. Estes fatores geram uma grande quantidade de calor antropogênico e armazenam calor sensível, contribuindo de maneira efetiva para a elevação das temperaturas da porção interiorana do distrito de carapina.

Um fator de destaque apontado pela pesquisa é a importância do calor gerado pelas dinâmicas urbanas, especialmente através do intenso fluxo de veículos, na conformação do campo térmico. Ao contrário do observado por Moura *et al* (2008), em alguns momentos foi possível observar que o tráfego veicular atuou de maneira mais efetiva no comportamento da temperatura do ar que os elementos fixos e construtivos da cidade. Assim, demonstra que a ilha de calor não é formada apenas pelo resfriamento mais lento das áreas mais densamente urbanizadas, mas também pelo maior aquecimento gerado pelas atividades antrópicas.

A técnica de coleta de dados de temperatura empregada pela pesquisa baseada na instalação de pontos fixos e realização de transects móveis mostrou-se satisfatória, assim como verificado por Charabi (2000), Fialho (2009, 2012), Amorim *et al* (2009), Martínez (2014), Leconte (2014), Fialho *et al* (2015), Mendonça (2015) e Alonso (2017).

Juntamente com a obtenção de dados termais, a técnica de correção horária dos valores térmicos realizada a partir de uma rede de pontos fixos setorizada, instaladas em locais que levem em consideração a heterogeneidade geourbana e geoecológica da área de estudo, demonstrou captar de maneira adequada a variação do saldo de energia dos diferentes locais da cidade.

A influência das dinâmicas e estruturas urbanas na conformação do campo térmico, resultando na formação de ilhas de calor de diferentes intensidades, sob atuação de determinados tipos de tempo e em momentos específicos do dia, ficou evidente nas análises diárias de verão e inverno. No entanto, este estudo não se mostrou suficiente para afirmar a existência de um clima urbano no distrito de Carapina, apesar das análises sazonais apontarem fortes indícios.

Está pesquisa é apenas uma análise inicial do comportamento termal do ar atmosférico no distrito de Carapina – Serra/ES, neste sentido sugerem-se:

Como aprofundamento propor pesquisas com maior detalhamento quanto ao uso e ocupação da terra, uma vez que foi possível observar de maneira empírica certa influência dos aspectos socioeconômicos (refletidos nas diferenças dos padrões construtivos residenciais) e do planejamento urbano no comportamento do campo térmico local.

Como desdobramentos apontar através de modelagem computacional o comportamento do campo térmico e do movimento de brisas a partir de um maior adensamento urbano da porção litorânea e de uma possível verticalização da costa.

8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALBUQUERQUE, L. D. de. **Ocupação de áreas de interesse ambiental: um desafio da gestão das cidades no Século XXI**. Dissertação (Mestrado em Arquitetura e Urbanismo), p. 254. Programa de Pós-Graduação em Arquitetura e Urbanismo, Universidade Federal do Espírito Santo, Vitória, 2010.
- ALCOFORADO, M. J. Aplicação da climatologia ao planejamento urbano. Alguns apontamentos. **Finisterra. Revista Portuguesa de Geografia**. N° XXXIV, p. 83-94. 1999.
- ALLOCCA, R. de A.; OIVEIRA, W. D.; FIALHO, E. S. O uso do Sky View Factor na análise do campo térmico noturno, em episódio de verão, no perímetro urbano do município de Ponte Nova – MG, na Zona da Mata Mineira. In: **XIII Simpósio Brasileiro de Climatologia Geográfica (SBCG)**, Minas Gerais, Anais... Juiz de Fora, 2018.
- ALONSO, L. **Caractérisation des îlots de chaleur et de fraîcheur urbains lyonnais à l'aide de mesures satellitaires, mobiles et participatives**. (Thèse Master 2), p. 114, Gestion de l'environnement - mention Géosystèmes environnementaux, Université de Lyon, Lyon, 2017.
- ALVES, E. D. L. **Análise das influências geourbanas no clima urbano da cidade de Iporá-Goiás**. (Tese de Doutorado), p. 166. Programa de Pós-Graduação em Ciências da Engenharia Ambiental e Área de Concentração em Ciências da Engenharia Ambiental. Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2016.
- ALVES, E. D. L.; Ilha de calor urbana em cidade de pequeno porte e a influência de variáveis geourbanas. **Revista Brasileira de Climatologia**. Ano 13, v. 20, p. 97-116. Jan/Jul. 2017
- ALVES, E. D. L.; VECCHIA, F. A. S. Atributos geourbanos e a temperatura de superfície: primeiros experimentos. **VIII SLAGF e IV SIAGF**. Anais...Santiago, 2014.
- AMARANTE, O. A. C. do. **Atlas eólico: Espírito Santo**. Vitória, ES: ASPE, 2009.
- AMORIM, M. C. C. T. **O clima urbano de Presidente Prudente /SP**. (Tese de Doutorado em Geografia), p. 374. Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2000.
- AMORIM, M. C. C. T. Intensidade e forma da ilha de calor urbana em Presidente Prudente/SP: episódios de inverno. **Geosul**, Florianópolis, v. 20, n. 39, p. 65-82, Jan./Jun. 2005.
- AMORIM, M. C. C. T. Climatologia e Gestão do Espaço Urbano. **Revista Mercator**, número especial, p. 71-90, dez. 2010.
- AMORIM, M. C. DE C. T.; SANT'ANNA NETO, J. L.; DUBREUIL, V. Estrutura térmica identificada por transectos móveis e canal termal do Landsat 7 EM cidade tropical. **Revista de Geografia Norte Grande**. n° 43, p. 65-80. 2009.
- ANGELOCCI, L. R.; PEREIRA, A. R.; SENTELHAS P.C. **Agrometeorologia - Fundamentos e Aplicações Práticas**. 1. ed., Guaíba, RS: Livraria e Editora Agropecuaria Ltda., 2002.

ANQUEZ, P.; HERLEM, A. **Les îlots de chaleur dans la région métropolitaine de Montréal: causes, impacts et solutions.** Social Responsibility and Sustainable Development Chair, School of Management, UQAM, p.16. Avril. 2011.

ASSIS, E. S. Campo Térmico, Hígrico e Anemométrico do Hipercentro de Belo Horizonte. In. SILVA E FIALHO (Org.). **Concepções e Ensaio da Climatologia Geográfica.** Editora UFGD, Dourados, 2012.

ASSIS, W. L. **O Sistema Clima Urbano do Município de Belo Horizonte da Perspectiva Têmporo-Espacial.** (Tese de Doutorado), p. 209. Curso de Geografia, Instituto de Geociências, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2010.

BARBOSA, A. H. da S.; CARVALHO, R. G. de; CAMACHO, R. G. V. Aplicação do NDVI para a Análise da Distribuição Espacial da Cobertura Vegetal na Região Serrana de Martins e Portalegre – Estado do Rio Grande do Norte. **Revista do Departamento de Geografia, RDG – USP**, São Paulo, V. 33. p.128-143. 2017.

BARCELOS, F. Trecho da BR101 na Serra é o que mais mata no Brasil. **Tempo Novo**, Serra, 15 de novembro de 2016.

BARROS, H. R.; LOMBARDO, M. A. A ilha de calor urbana e o uso e cobertura do solo em São Paulo-SP. **Geosp – Espaço e Tempo (Online)**, v. 20, n. 1, p. 160-177. 2016.

BOSCAGLIA, F. **Dinâmica populacional e consumo de água a Serra-ES: panorama atual e cenário futuro.** (Dissertação de Mestrado), p. 173. Programa de Pós Graduação em Geografia – PPGG, Universidade Federal do Espírito Santo, Vitória, 2013.

BRANDÃO, A. M. de P. M. O clima urbano da cidade do Rio de Janeiro. In: MONTEIRO, C. A. F.; MENDONÇA F. de A. (ORG). **Clima urbano**, 2. ed., 2º reimpressão. São Paulo: Contexto, p 121 – 155, 2015.

BRICALLI, L. L. **Padrões de lineamentos e fraturamento neotectônico no estado do Espírito Santo (Sudeste do Brasil).** (Tese de Doutorado), p. 221. Programa de Pós-Graduação em Geologia, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2011.

BRICALLI, L. L.; QUEIROZ NETO, J. P. Geomorfologia e geologia do maciço “Mestre Álvaro” (Serra ES - Brasil). **V Simpósio Nacional de Geomorfologia I Encontro Sul-Americano de Geomorfologia UFSM - RS**, 02 a 07 de Agosto de 2004.

CAILLEUX, A.; TRICART, J. Le problème de la classification des faits géomorphologiques. **Annales de Géographie**. n. 3490, LXV, année, p. 162-185, 1956.

CAMPOS JÚNIOR, C. T; GONÇALVES, T. M. Produção do Espaço Urbano da Serra-Espírito Santo: estratégias recentes da construção imobiliária. **Revista Mercator**, V.8, nº 17, p. 69-78, Set./Dez. 2009.

CANTAT, O. L’îlot de chaleur urbain parisien selon les types de temps. **Norois**, nº 191, p. 75-102. 2004.

CASTRO, I. E. de. O problema da escala. IN: CASTRO, I. E. de; GOMES, P. C. da C.; CORRÊA, R. L. (Orgs). **Geografia: conceitos e temas.** Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2000.

CHANDLER, T. J. **The Climate of London**. London, Hutchinson e Co. Publishers LTD, 1965.

CHARABI, Y. **L'îlot de chaleur urbain de la métropole lilloise: mesures et spatialisation**. Thèse de Doctorat (Tese de Doutorado), p. 247. l'Université des Sciences et Technologies de Lille, Lille, 2000.

COELHO, A. L. N; CORREA, W. S. C. Temperatura de superfície celsius do sensor tirs/landsat-8: metodologia e aplicações. **Revista Geográfica Acadêmica**. Boa Vista, v. 7, n.1, p. 31-45. 2013.

COLLISCHONN, E. **O campo térmico da região metropolitana de Porto Alegre: uma análise a partir da interação das variáveis ambientais na definição do clima local**. (Dissertação de Mestrado), p. 152. Departamento de Geociências, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 1996.

COLLISCHONN, E.; FERREIRA, C. V. O. O fator de visão do céu e sua influência sobre as características térmico-higrométricas intraurbanas em Pelotas/RS, Brasil. **Geographia Meridionalis**, Pelotas-RS, v 1, p.160-178. 2015.

CORREA, W. de S. C. **Campo térmico e higrométrico da Regional Praia do Canto no município de Vitória – ES**. (Dissertação de Mestrado), p. 165. Centro de Ciências Humanas e Naturais – Programa de Pós-Graduação em Geografia, Universidade Federal do Espírito Santo, Vitória, 2014.

CORREA, W. de S. C; COELHO, A. L. N; VALE, C. C do. Influência de Distintos Sistemas Atmosféricos da Temperatura de Superfície do Município De Vitória (Es). **Caminhos de Geografia**, Uberlândia, v. 16, n. 53, p.37-54, Março. 2015.

CORREA, W. de S. C.; VALE, C. C do. Contribuição à compreensão do campo térmico da Regional Praia do Canto em Vitória (ES) pela metodologia dos transectos. **RAEGA – O Espaço Geográfico em Análise**, Curitiba, v. 38, p. 50-81, Dezembro. 2016.

COSTA, R. B. **Adversidades climáticas em Vitória?** Vitória, Instituto Histórico e Geográfico do Espírito Santo – Prefeitura Municipal de Vitória, 1992.

CPRM. Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais-CPRM/Serviço Geológico do Brasil. **Geologia e Recursos Minerais do Estado do Espírito Santo: texto explicativo do mapa geológico e de recursos minerais**. Belo Horizonte: CPRM, 2015.

CPTEC/INPE – Centro de Previsão do Tempo e Estudos Climatológicos. Disponível em: <https://www.cptec.inpe.br/>

DUBREUIL, V.; BARBOSA, H. P.; FOISSARD, X.; AMORIM, M. C. C. T. Utilização de imagens infravermelhas do satélite Landsat para cartografar a ilha de calor urbana em Rennes – França. In: **XII Simpósio Brasileiro de Climatologia Geográfica (SBCG)**, Goiás, Anais... Goiânia, 2016.

FERNANDES FILHO, E. I.; SOUZA, E.; FARIA, M. M. **Modelo digital de elevação, bacias hidrográficas, atributos do terreno e interpoladores**. Apostila da disciplina SOL 681 - Geoprocessamento Aplicado a Pedologia. 105 p. Universidade Federal de Viçosa, Departamento de Solos, 2011.

FERNANDES, L. F.; FIALHO, E. S. A relação entre os aspectos geoecológicos e antrópicos para a conformação do clima urbano: estudo de caso no município de Viçosa-MG no ano de 2015. In **Proceedings of the Annals 4th Colloquium Ibero American Cultural Landscape, Patrimony and Project**, Belo Horizonte, Brazil, 26–28 September 2016.

FERNÁNDEZ GARCÍA, F. **Manual de climatología aplicada: clima, medio ambiente y planificación**. Madrid: Síntesis, 1996

FERREIRA, G. R.; FIALHO, E. S. Campo térmico x fator de visão do céu: Estudo da área central do município de Viçosa-MG em Episódios de outono e inverno/2014. **Boletim Gaúcho de Geografia**. Porto Alegre, n°43, 247-271. 2016.

FERREIRA, G. R. **Estudo do campo térmico e sua relação com o Sky View Factor em situação sazonal de verão no centro urbano de Viçosa-MG**. (Monografia Bacharel em Geografia) p. 70. Departamento de Geografia, Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2015.

FERNANDES, L. A.; PRADO, L. B. do.; FIALHO, E. S. The Relationship between the Geoecological and Anthropic Aspects for the Conformation of the Urban Climate of Viçosa-MG in the Synotic Situation of Stability in 2015. **Climate**, Volume 5, Issue 2, June. 2017.

FIALHO, E. S. - **Ilha de calor em cidade de pequeno porte: um caso de Viçosa, na Zona da Mata Mineira**. (Tese de Doutorado em Geografia Física), p. 248. Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas, Universidade Estadual de São Paulo, São Paulo, 2009.

FIALHO, E. S. – Ilhas de Calor: reflexões acerca de um conceito. **ACTA Geográfica**, Boa Vista, Edição Especial, Climatologia Geográfica, p.61-76. 2012.

FIALHO, E. S.; QUINA, R. R.; ALVES, R. de S.; MIRANDA, J. D. E.C. O campo térmico em situação sazonal de verão, no município de Viçosa-MG. **Revista Geografias**, Belo Horizonte, Edição Especial SEGeo III, p. 80-98. 2015.

FIALHO, E. S.; QUINA, R. R. Análise das diferenças térmicas entre o campo e a cidade em situação sazonal de verão, em 2014, no município de Viçosa (MG). **Revista Entre-Lugar**, Dourados, v. 7, n. 14. 2016.

FIALHO, E. S. Unidades climáticas urbanas: O caso da Ilha do Governador. **Revista do Centro de Ciências Humanas**, Viçosa, v. 10, n. 1, p.26-46. 2010.

FIORETTI, A. **Indústria, conjuntos habitacionais e assentamentos precários: o Distrito de Carapina, município da Serra (Es) De 1966 A 1995**. (Dissertação de Mestrado), p. 213. Programa de Pós Graduação em Geografia – PPGG, Universidade Federal do Espírito Santo, Vitória, 2014.

FRITZ, S. The diurnal variation of ground temperature as measured from TIROS II. **Journal of Applied Meteorology**. v.2, outubro, p. 645-648. 1963.

GARCÍA, M. del C. M.; PARDO, J. A. S. El estudio de la isla de calor urbana en el ámbito mediterráneo: una revisión bibliográfica. **Biblio3W revista bibliográfica de Geografía y Ciencias Sociales**, vol XXI, n° 1.179, p. 1-32, novembro. 2016.

GARCÍA, M, del C. M.; PARDO, J.A.S. La isla de calor en la ciudad De Lloret de Mar. **Boletín de la Asociación de Geógrafos Españoles**, nº 73, p. 247-267. 2017.

GATTO, L.C.S.; RAMOS, V.L.S.; NUNES, B.T.A.; MAMEDE, L.; GÓES, M.H.; MAURO, C.A.; ALVARENGA, S.M.; FRANCO, E.M.S.; QUERICO, A.F.; NEVES, L.B. **Geomorfologia. Projeto Radam Brasil**. Folhas 23/24 Rio de Janeiro – Vitória. v. 32 Rio de Janeiro, 1983.

GEIGER, R. Influências das formas do relevo no microclima. In: GEIGER, R. **Manual de microclimatologia: o clima da camada de ar junto ao solo**. Lisboa: Fundação Caloust Gulbenkian, p. 382-474, 1980.

GIGUÈRE, M. **Mesures de lutte aux îlots de chaleur urbains**. Institut national de santé publique du Québec, Direction des risques biologiques, environnementaux et occupationnels, 95 p. 2009.

GOOGLE MAPS TRÂNSITO. 2018. Disponível em: <https://www.google.com.br>. Acesso em: 06/08/2018.

GOOGLE EARTH PRÓ. Versão 7.3.2. 2018.

GOMES, W. P. **Características da temperatura na zona costeira: análise do clima urbano em Ubatuba-SP**. (Dissertação de Mestrado), p. 209. Programa de PósGraduação em Geografia da Faculdade de Ciências e Tecnologiada, Universidade Estadual Paulista “Julio de Mesquita Filho” - FCT/UNESP - campus de Presidente Prudente, Presidente Prudente, 2017.

HAMDI R.; SCHAYES G. **Sensitivity study of the urban heat island intensity to urban characteristics**, Inter. J. Climatol., 2007. (in press).

HOWARD, L. **The Climate of London**. London, International Association for Urban Climate (IAUC), 2007.

HOWARD, L. **The Climate of London: Deduced from Meteo-rogical Observations Made in the Metropolis and at Various Places around It**. 2d ed. 3 vols. London: J. & A. Arch, Cornhill; Longman & Co. 1833.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). **Censo Demográfico 2010**. Rio de Janeiro, IBGE. Disponível em: <https://censo2010.ibge.gov.br/resultados.html>. Acesso em: 06/08/2018.

INSTITUTO ESTADUAL DO MEIO AMBIENTE E RECURSOS HÍDRICOS (IEMA): **Relatório Anual da Qualidade do Ar RMGV 2013**. Disponível em: [https://iema.es.gov.br/Media/iema/Downloads/RAMQAR/Relat%C3%B3rio Anual de Qualidade do Ar 2013.pdf](https://iema.es.gov.br/Media/iema/Downloads/RAMQAR/Relat%C3%B3rio%20Anual%20de%20Qualidade%20do%20Ar%202013.pdf). 2013.

INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA (INMT). Disponível em: <http://www.inmet.gov.br/portal/index.php?r=estacoes/estacoesautomaticas>. 2018.

INSTITUT DE VEILLE SANITAIRE (INVS). **Vague de chaleur de l'été 2003: relations entre températures, pollution atmosphérique et mortalité dans neuf villes françaises**. 2004.

JARDIM, C. H. **Proposta de síntese climática a partir do comportamento térmico e higrométrico do ar em áreas urbanas.** (Tese de Doutorado), p. 334. Instituto de Geociências, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2007.

JESUS, R. J. de; **Avaliação do comportamento da temperatura de superfície terrestre do município de Cariacica – ES em 1985 e 2013.** (Dissertação de Mestrado) p. 176. Programa de Pós-Graduação em Geografia – PPGG, Universidade Federal do Espírito Santo, Vitória, 2016.

UGEDA JÚNIOR, J. C.; AMORIM, M. C. de C. T. Reflexões acerca do Sistema Clima Urbano e sua aplicabilidade: pressupostos teórico-metodológicos e inovações técnicas. **Revista do Departamento de Geografia - Universidade de São Paulo.** Volume Especial, p. 160-173. 2016.

KRATZER, A. **Das Stadtklima.** *Die Wissenschaft*, Vol. XC. Braunschweig: Friedrich Vieweg & Sohn. p. 143. 1937.

LACOSTE, Y. **La Géographie, Ça sert d'abord, pour faire la guerre.** Paris, 3d. La Découverte, 1985.

LANDSBERG, H. E. O clima das cidades. **Revista do Departamento de Geografia**, São Paulo, v. 18, n. 1, p. 95-111. 2006.

LECONTE, F. **Caractérisation des îlots de chaleur urbain par zonage climatique et mesures mobiles: Cas de Nancy.** (Thèse de doctorat), p. 274. Climatologie. Université de Lorraine, Nancy, 2014.

LEE, D. O. Urban – rural humidity differences in London. **International of climatology**, Viena, v. 11, n. 5, p. 577 – 582. 1991.

LIMA, R. C. **Estudo do campo térmico urbano por meio do sensoriamento remoto: o caso de Campo Grande (MS).** (Dissertação de Mestrado), p. 79. Área de Concentração: Análise Geoambiental e Produção do Território, Universidade Federal do Mato Grosso do Sul, Campo Grande, 2011.

LOMBARDO, M. A. **A ilha de calor nas metrópoles: o exemplo de São Paulo.** São Paulo, Hucitec, 1985.

LOMBARDO, M. A. Análise das mudanças climáticas nas metrópoles: o exemplo de São Paulo e Lisboa. In: CORTEZ, A. T. C.; ORTIGOZA, S. A. G. (org). **Da produção ao consumo: impactos socioambientais no espaço urbano [online].** São Paulo: Editora UNESP; São Paulo: Cultura Acadêmica, p. 111-146, 2009.

LÓPEZ GÓMEZ, A. **El clima de las ciudades españolas.** Madrid: Catedra, 1993.

LOPES, L. C. S.; JARDIM, C. H. Variações de temperatura e umidade do ar em área urbana e rural durante o seguimento temporal de inverno de 2011 em Contagem e Betim (MG). **Acta Geográfica**, v. 1, p. 205-222. 2012.

LUCENA, A. J. **A Ilha de calor na região metropolitana do Rio de Janeiro.** (Tese de Doutorado), p. 473. Instituto Alberto Luiz Coimbra de Pós-Graduação e Pesquisa em Engenharia – COPPE, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2012.

LUCENA, A. J. Notas conceituais e metodológicas em clima urbano e ilhas de calor. **Revista Continentes (UFRRJ)**, Seropédica-RJ, ano 2, n.2, p. 28-59. 2013.

LUCENA, A. J. **O campo térmico na Zona oeste do Rio de Janeiro: uma contribuição ao estudo do clima urbano.** (Dissertação de Mestrado), p. 143. Programa de Pós-Graduação em Geografia da UERJ, Centro de Tecnologia e Ciências, Instituto de Geociências, Rio de Janeiro, 2005.

MACIOTTO, E. R. **Estudo da influência de um dossel urbano sobre o balanço de energia na superfície e implicações na estrutura vertical da camada limite atmosférica.** (Tese de Doutorado), p. 145. Instituto de Astronomia, Geofísica e Ciências Atmosféricas da Universidade de São Paulo – IAG/USP. Universidade Estadual de São Paulo, São Paulo, 2008.

MADELIN, M.; BIGOT, S.; DUCHÉ, S.; ROME S. Intensité et délimitation de l'îlot de chaleur nocturne de surface sur l'agglomération parisienne. **XXX colloque de l'Association Internationale de Climatologie, Juillet de 2017.**

MARINHA DO BRASIL – Diretoria de Hidrografia e Navegação (DNH). Disponível em: <https://www.marinha.mil.br/chm/dados-do-smm-cartas-sinoticas/cartas-sinoticas>. 2018

MARTINEZ, J. M. Estudio de la isla de calor de la ciudad de Alicante. **Investigaciones Geográficas.** n° 62, p. 83-99, julio/diciembre. 2014.

MARTILLI A.; CLAPPIER A.; ROTACH M.W. An urban surface exchange parametrization for meso-scale models. **Boundary-Layer Meteor.** London, v. 94, p. 357-397. 2002.

MATTOS, R. **Expansão urbana, segregação e violência: um estudo sobre a Região Metropolitana da Grande Vitória.** Vitória: Edufes, 2011.

MENDONÇA, F. de A. Clima e planejamento urbano em Londrina: Proposição metodológica e de intervenção urbana a partir do estudo do campo termo-higrométrico. In: MONTEIRO, C. A. F.; MENDONÇA F. de A. (ORG). **Clima urbano**, 2. ed., 2° reimpressão. São Paulo: Contexto, p. 121-155, 2015

MENDONÇA, F. de A. **O Clima e o planejamento urbano das cidades de porte médio e pequeno: Proposições metodológicas para estudo e sua aplicação à cidade de Londrina/PR.** (Tese de Doutorado), Departamento de Geografia, Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas, Universidade de São Paulo, São Paulo, 1994.

MENDONÇA, F. de A.; DANNI-OLIVEIRA, I. M. **Climatologia: noções básicas e climas do Brasil.** São Paulo: Oficina de Texto, 2007.

MENDONÇA, F. de A. O estudo do clima urbano no Brasil –. In: MONTEIRO, C. A. F.; MENDONÇA F. de A.: (Org). **Clima urbano.** São Paulo: Contexto, p. 175-192, 2015.

MENDONÇA, M.; LOMBARDO, M. A. El clima urbano de ciudades subtropicales costeras atlánticas: el caso de la conurbación de Florianópolis. **Revista de Geografía Norte Grande.** Santiago do Chile, v. 44, p.129-141. 2009.

METEOFRANCE, APUR. **Thermographie des immeubles parisiens** – APUR, 2010

MONTEIRO, C. A. F. Por um suporte teórico e prático para estimular os estudos geográficos do clima urbano do Brasil. **GeoSul**. Florianópolis, n° 9, p. 7-140. 1990.

MONTEIRO, C. A. F. Teoria e Clima Urbano. In: MONTEIRO, C. A. F.; MENDONÇA F. de A. (ORG). **Clima urbano**, 2. ed., 2° reimpressão. São Paulo: Contexto, 2015, p 9 – 68.

MONTEIRO, C. A. F. Adentrar a cidade para tomar-lhe a temperatura. **GeoSul**, Florianópolis, n° 9 - Ano V, p. 61-79, 1° semestre. 1990.

MORANDI, A. M. **Na mão da história: a CST na siderurgia mundial**. Vitória: Edufes, 1997.

MORENO, M. C. **Estudio del clima urbano de Barcelona: la isla de calor**. Barcelona: Editorial Oikos-tau, 1993.

MORENO GARCIA, M. C. **Climatologia Urbana**. Barcelona: Edicions Universitat de Barcelona, 1999.

MOURA, M. de O.; ZANELLA, M. E.; SALES, M. C. L. **Ilhas térmicas na cidade de Fortaleza/CE**. Boletim Goiano de Geografia. v. 25. n. 2. p. 33-44. jul./dez. 2008.

NASCIMENTO, D. T. F.; BARROS, J.R. Identificação de Ilhas de Calor por meio de Sensoriamento Remoto: Estudo de Caso no Município de Goiânia – GO/2001. **Boletim Goiano de Geografia**. Goiânia, v. 29. n. 1. p. 119-134. Jan/jun. 2009.

NASCIMENTO, D. T. F. **Emprego de técnicas de sensoriamento remoto e de geoprocessamento na análise multitemporal do fenômeno de ilhas de calor no município de Goiânia-GO (1986/2010)**. (Dissertação de Mestrado), p. 98. Curso de Geografia, Universidade Federal de Goiás, Goiânia, 2011.

NIMER, E. Climatologia da Região Sudeste do Brasil: Introdução à Climatologia Dinâmica - Subsídios à Geografia Regional do Brasil. **Revista Brasileira de Geografia**. Rio de Janeiro. Ano 34, n. 01, p. 3-39. Jan./Mar. 1972.

OKE, T. R. **Boundary layer climates**. London: Methuen & Co, 1978.

OKE, T. R. Initial guidance to obtain representative meteorological observations at urban sites. **World Meteorological Organization, Instruments and Observing Methods**, Report n° 81, n° 1250. Canadá: WMO/TD. 2006

OKE, T. R. Canyon geometry and the nocturnal urban heat island: Comparision of scale model and field observations. **Journal of climatology**, New York, v. 1, n. 3, p. 237-254. 1981.

OKE, T. R. City size and urban heat island. **Atmospheric environment**, New York, v. 7, n. 8, p. 769 -779. 1973.

OKE, T. R. Initial guidance to obtain representative meteorological observations at urban sites. **World Meteorological Organization, Instruments and Observing Methods**, Report n° 81, n° 1250. Canadá: WMO/TD. 2006.

OKE, T. R. Review of urban climatology: 1968-1973. **Geneva: Wold Meteorological Organization (WMO), Technical note**, n. 134. 1974.

OKE, T.R. Thermal remote sensing of urban climates. **Remote sensing of environment**, New York, v. 86, n. 3, p. 371-384. 2003.

OLIVEIRA, A. P.; SILVA DIAS, P.L. Aspectos observacionais da Brisa Marítima em São Paulo. In: **Anais do Congresso Brasileiro de Meteorologia**, Campo Grande, 1982.

OIVEIRA, W. D.; ALLOCCA, R.; de A. FIALHO, E. S. Análise de transects móveis noturnos: contribuições ao estudo da ilha de calor em áreas litorâneas. In: **XIII Simpósio Brasileiro de Climatologia Geográfica (SBCG)**, Minas Gerais, Anais... Juiz de Fora, 2018.

OLIVEIRA, F. S. **Mapeamento da Vegetação Urbana na Distribuição Espacial e Temporal De Ilhas De Calor**. (Dissertação de Mestrado), p. 92. Curso de Ciências Florestais, Universidade Federal do Espírito Santo, Jerônimo Monteiro, 2015.

ONU – Organização das Nações Unidas. **World Urbanization Prospects: The 2018 Revision**, 2018. Disponível em: <<https://esa.un.org/unpd/wup/>>. Acesso em: 06/08/2018.

ONU – Organização das Nações Unidas. **Fatos Sobre a Cidade**, 2012. Disponível em: <<http://www.onu.org.br/rio20/cidades.pdf>>. Acesso em: 06/08/2018.

ORTIZ PORANGABA, G. F. **O clima urbano das cidades do interior do estado de São Paulo: uma análise do campo térmico de Assis, Cândido Mota, Maracá e Tarumã**. Tese de Doutorado), p. 354. Faculdade de Ciências e Tecnologia, Universidade Estadual Paulista, Presidente Prudente, 2015.

PARDO, J. A. S. Estudio de la isla de calor de la ciudad de Ibiza. **Investigaciones Geográficas**, nº 44, p. 55-73. 2007.

PAULA, M. L. M de. **Comparação do Campo Térmico Da SUC Do Município De Vitória– Es, Em Relação às Alterações de Uso e Ocupação Do Solo Urbano em 1991 e 2011**. 2015. (Dissertação de Monografia), p. 79 p. Curso de Geografia, Universidade Federal do Espírito Santo, Vitória, 2015.

PÉREZ CUEVA, A.J. Clima y confort a les ciutats: la ciutat de València. **Mètode**. Valencia: Universidad de Valencia, nº 31, Outubro. 2001.

PITTON, S. E. C. **As cidades como indicadoras de alterações térmicas**. (Tese de Doutorado). Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas, Universidade Estadual de São Paulo, São Paulo, 1997.

POTCHER, O. **Climatic Aspects in the bulding of ancient settlements in the Land of Israel**. Abstracts of the International Conference on Urban Climate, Kyoto. 1989.

PREFEITURA MUNICIPAL DA SERRA: Lei nº. 1.944, de 20 de dezembro de 1996. **Plano Diretor Urbano da Serra. Dispõe sobre o planejamento urbano do município da Serra**.

PREFEITURA MUNICIPAL DA SERRA: Lei nº. 2.100, de 03 de julho de 1998. **Plano Diretor Urbano da Serra. Dispõe sobre o planejamento urbano do município da Serra**.

PREFEITURA MUNICIPAL DA SERRA: Lei nº. 3.820, de 11 de janeiro de 2012. **Plano Diretor Municipal da Serra**. Dispõe sobre a organização do espaço territorial do município da Serra, conforme determina o art. 182 da Constituição Federal e os Arts. 39, 40, 41, e 42 do Estatuto das Cidades, Lei nº 10.257 de 2001

PREFEITURA MUNICIPAL DA SERRA: **Plano municipal de saneamento básico: água e esgoto. Relatório técnico. 2012**. Disponível em: www.serra.es.gov.br. Acesso em 06/08/2018.

PREFEITURA MUNICIPAL DA SERRA: **Serra em números: Anuário Municipal de Dados**. 2011.

QUEREDA, J.; MONTÓN, E.; ESCRIG, J. Un análisis experimental del efecto urbano sobre las temperaturas. **Investigaciones Geográficas**, n. 47, p. 5-17. 2007.

RAO, P.D. Remote sensing of urban heat islands from na environmental satélite. **Bulletin of the American Meteorological Society**. v. 53, p. 1554-1557. 1979.

REBOITA, M. S.; GAN, M. A.; ROCHA, R. P. DA.; AMBRIZZI, T. Regimes de precipitação na América do Sul: Uma revisão bibliográfica. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v.25, n.2, p. 185-204. 2010.

ROCHA, V. M.; FIALHO, E. S. Uso da terra e suas implicações na variação termo-higrométrica ao longo de um transeto campo-cidade no município de Viçosa-MG. **Revista de Ciências Humanas. Revista de Ciências Humanas**, Viçosa-MG, v. 10. n. 1, p. 64-77. 2010.

ROUSE, J. W. et al. Monitoring vegetation systems in the great plains with ERTS. In: **EARTH RESOURCES TECHNOLOGY SATELLITE-1 SYMPOSIUM**, 3, 1973. Annals... Washington, p. 309-317. 1973.

ROUX, J. **L'îlot de Chaleur Urbain à Dijon: Mise en place d'une campagne de mesures urbaines de la température**. (Mémoire de Master - Dissertação de Mestrado), p. 93. UFR Sciences Humaines, Département de Géographie, Université de Bourgogne, Dijon, 2014.

SANTOS, F. M. de M. Clima urbano de Cuiabá-MT-Brasil: ocupação do solo e suas influências. **Revista Monografias Ambientais – REMOA**. Santa Maria-RS. - v. 12 n. 12, p. 2749 – 2763, Ago. 2013.

SANTOS, M. **A urbanização brasileira**. São Paulo - SP, HUCITEC, 1991.

SARAIVA, A. L. D. da C. **O clima urbano de Mossoró (RN): o subsistema termodinâmico**. (Dissertação de Mestrado), p. 234. Centro de Ciências Humanas e Naturais – Programa de Pós-Graduação em Geografia, Universidade Federal do Espírito Santo, Vitória, 2014.

SECRETARIA DE ESTADO DE MEIO AMBIENTE. **Atlas dos ecossistemas do Espírito Santo**. Viçosa: UFV, p. 504. 2008.

SANT' ANNA NETO, J. L. Decálogo da climatologia do sudeste brasileiro. **Revista Brasileira de Climatologia**. Presidente Prudente, v. 1, n.1, p. 43-60, Dez. 2005.

SILVA, V. A. M. **Influência da cobertura do céu na estimativa da Radiação Solar utilizando modelo digital de elevação.** (Dissertação de Mestrado), p. 73. Instituto de Física, Universidade Federal de Mato Grosso, Cuiabá, 2011.

SOBRINO, J. A. et al. Evaluation of the surface urban heat island effect in the city of Madrid by thermal remote sensing. **International Journal Of Remote Sensing**, v. 34, n. 9-10, p.3177-3192, Maio. 2013.

SOUZA, L. C. L. de. Relações entre ilhas de calor, geometria urbana e consumo de energia elétrica. **Fórum Patrimônio: Ambiente Construído e Patrimônio Sustentável**, Belo Horizonte, v. 4, n. 1, Jan./Jun. 2010.

TARIFA, J. R. **A análise topo e microclimática e o trabalho de campo: o caso de São José dos Campos.** Climatologia, São Paulo, vol. 13, p. 1-25. 1981.

United States Environmental Protection Agency (EPA), 2017. Disponível em: <https://www.epa.gov/heat-islands/learn-about-heat-islands>. Acesso em: 03/08/2017.

United States Geological Survey – USGS), 2018. Disponível em: <https://earthexplorer.usgs.gov/> Acesso em: 06/08/2018.

VALETTE, E; CORDEAU, E. **Les îlots de chaleur urbains: Répertoire de fiches connaissance**, Novembre 2010.

VIANNA, S. S. M. **Caracterização do clima urbano em Teodoro Sampaio – SP.** (Dissertação de Mestrado), p. 190. Programa de Pós-Graduação em Geografia, Faculdade de Ciências e Tecnologia, Universidade Estadual Paulista de Presidente Prudente, Presidente Prudente, 2006.

VOOGT, J. A.; OKE, T. R. Compute urban surface temperatures. **Journal of applied meteorology**, New York, v. 36, N° 36, p. 1117-1132. 1997.

VOOGT, J. A.; OKE, T. R. Thermal remote sensing of urban climates. **Remote Sensing of Environment**. Oxford, v.86, p.370-384. 2003.

VOOGT, J. A. Urban Heat Island, Causes and consequences of global environmental change. **Encyclopedia of Global Environmental Change**, vol. 3, p. 660-666. 2002.

ZANOTELLI, C. **La croissance périphérique de l'agglomération de Vitória: Le cas de São Pedro.** (Tese de Doutorado), p. 142. Maîtrise d'Aménagement du territoire, Université Paris X Nanterre, Paris, 1992.